



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y  
Tecnología Avanzada

---

**“APLICACIÓN DEL SISTEMA 4MAT  
EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA  
A NIVEL UNIVERSITARIO”**

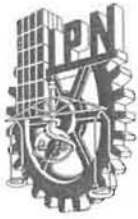
**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE DOCTOR EN CIENCIAS  
EN FÍSICA EDUCATIVA

**P R E S E N T A :**  
**MARIO HUMBERTO RAMÍREZ DÍAZ**



*Director: Dr. César Eduardo Mora Ley*

México, D. F., Marzo de 2009



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 13:00 horas del día 23 del mes de Febrero del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA Legaria para examinar la tesis de titulada:

"Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la Física a nivel universitario"

Presentada por el alumno:

Ramírez  
Apellido paterno

Díaz  
Apellido materno

Mario Humberto  
Nombre(s)

Con registro: 

A	0	7	0	6	2	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Doctorado en Ciencias en Física Educativa

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA


Director de tesis


  
Dr. César Eduardo Mora Ley

  
Dr. Ricardo García Salcedo

DIRECCION



  
Dr. Alfredo López Ortega

  
Dr. Rubén Sánchez Sánchez

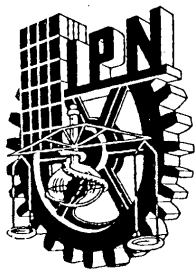
CICATA - IPN U. LEGARIA

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional

  
Dr. Alejandro Muñoz Diosdado

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
Dr. José Antonio Irán Díaz Góngora



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México el día 4 del mes marzo del año 2009, el (la) que suscribe **Mario Humberto Ramírez Díaz** alumno del Programa de **Doctorado en Ciencias en Física Educativa** con número de registro **A070625**, adscrito a **CICATA-IPN**, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. César Eduardo Mora Ley** y cede los derechos del trabajo intitulado **“Aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de la Física a nivel universitario”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [mramirezd@ipn.mx](mailto:mramirezd@ipn.mx), [cmoral@ipn.mx](mailto:cmoral@ipn.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**Mario Humberto Ramírez Díaz**

Nombre y firma

# Profesores

---

Dr. César Eduardo Mora Ley

Dr. Ricardo García Salcedo

Dr. Alfredo López Ortega

Dr. Rubén Sánchez Sánchez

Dr. Alejandro Muñoz Diosdado

# Agradecimientos

---

Agradezco al CICATA Legaria del Instituto Politécnico Nacional por la oportunidad de formarme en sus aulas.

A mi familia, compañeros y maestros.

## **ABSTRACT**

This thesis shows the results of implementing the 4MAT System of learning styles in teaching physics at college level. Learning strategies were designed in accordance with the four learning styles proposed by the 4MAT System. Each strategy contains activities to stimulate the right and left hemisphere of the brain, such strategies are organized in a learning cycle of eight steps. This cycle was used in a group of students for testing. The group was characterized by learning style and hemispheric brain of each member to compare his style with comfort in each of the strategies. All activities were video recorded. The analysis shows that the 4MAT System is adaptable to teaching physics; it includes students of all styles through activities aimed at the four styles in a cycle of learning. The students show progress in the understanding of the concepts; they were comfortable with at least one of the strategies of the cycle. However, the use of 4MAT System is difficult, since it requires more time to apply it than the time needed to complete the contents of each topic. Even more, to apply the 4MAT System the use of special equipment (such as laboratory equipment) is needed, however, this is no always possible in every school. It is claimed that the 4MAT System is a good tool for teaching physics. It can be supplemented with other teaching strategies to cover a complete course of physics.

## **RESUMEN**

En este trabajo se muestran los resultados de la aplicación del sistema 4MAT de estilos de aprendizaje en la enseñanza de la física a nivel universitario. Se construyeron estrategias de aprendizaje orientadas a atender a los cuatro estilos de aprendizaje que propone el Sistema 4MAT. Cada estrategia contiene actividades para estimular el hemisferio derecho e izquierdo del cerebro, dichas estrategias se ordenaron en un ciclo de aprendizaje de ocho pasos y este ciclo se aplicó directamente a un grupo de estudiantes para su prueba. El grupo al que se aplicó el ciclo de aprendizaje se caracterizó por medio del estilo de aprendizaje y hemisfericidad cerebral de cada uno de los integrantes para comparar su estilo con la comodidad en cada una de las estrategias diseñadas. Todas las actividades fueron video grabadas en el desarrollo de las mismas, con estas video grabaciones se hizo un análisis de la aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario. El resultado del análisis hecho muestra que, el Sistema 4MAT es adaptable para la enseñanza de la física a nivel universitario, ya que incluye a los estudiantes de todos los estilos por medio de las actividades dirigidas a los cuatro estilos dentro de un ciclo de aprendizaje. Los estudiantes muestran un avance en la comprensión de los conceptos y presentan un grado alto de comodidad en al menos una de las estrategias del ciclo. Sin embargo, el Sistema 4MAT muestra dificultades en su aplicación al buscar ajustar el tiempo necesario en su aplicación con el tiempo propuesto por un programa de estudios, además de requerir el uso de material especial (como equipo de laboratorio) no siempre disponible en todas las escuelas. Por lo tanto, el Sistema 4MAT es una buena herramienta para la enseñanza de la física, sin llegar a ser la única, que se puede complementar con otras estrategias de enseñanza para cubrir todo un curso completo de física obteniendo los mejores resultados.

## Contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
• <b>1.1 Objetivo.....</b>	<b>5</b>
• <b>1.2 Justificación.....</b>	<b>5</b>
• <b>1.3 Preguntas de Investigación.....</b>	<b>10</b>
• <b>1.4 Antecedentes (Estado del Arte).....</b>	<b>12</b>
<b>2. Sistema 4MAT.....</b>	<b>18</b>
• <b>2.1 ¿Qué es el aprendizaje?.....</b>	<b>18</b>
• <b>2.2 Teorías de Aprendizaje.....</b>	<b>19</b>
• <b>2.3 Estilos de Aprendizaje.....</b>	<b>20</b>
• <b>2.4 El Sistema 4MAT.....</b>	<b>28</b>
• <b>2.5 Ciclo de Aprendizaje en el Sistema 4MAT.....</b>	<b>31</b>
• <b>2.6 La Hemisfericidad Cerebral.....</b>	<b>39</b>
• <b>2.7 Cómo enseñar ciencias a partir del Sistema 4MAT.....</b>	<b>42</b>
<b>3. Aplicación del Sistema 4MAT.....</b>	<b>44</b>
• <b>3.1 Diseño de Estrategias en un Ciclo de Aprendizaje.....</b>	<b>44</b>
i. <b>3.1.1 Aplicación de teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de la física a nivel universitario.....</b>	<b>44</b>
ii. <b>3.1.2 Propuesta de ciclo de aprendizaje en el sistema 4MAT para enseñanza de física a nivel universitario.....</b>	<b>51</b>
• <b>3.2 Programa de Física a nivel universitario (Caso ESCOM-IPN)...</b>	<b>53</b>
• <b>3.3 Caracterización del grupo de investigación.....</b>	<b>55</b>
• <b>3.4 Implementación del ciclo de aprendizaje.....</b>	<b>56</b>
i. <b>3.4.1 Discusión grupal (Estilo 1).....</b>	<b>59</b>
ii. <b>3.4.2 Clase Teórica Tradicional (Estilo 2).....</b>	<b>61</b>
iii. <b>3.4.3 Clase Práctica de Laboratorio (Estilo 3).....</b>	<b>64</b>
iv. <b>3.4.4 Exposición Individual de los Estudiantes (Estilo 4).....</b>	<b>67</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>72</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>90</b>
<b>6. Referencias.....</b>	<b>95</b>
<b>7. Anexos.....</b>	<b>99</b>



# 1 Introducción

## 1.1 Objetivo

La enseñanza de las ciencias, y en particular la de la física ha estado generalmente asociada a un estereotipo particular. Este estereotipo muestra que los estudiantes ven a los profesores de ciencias como *“Hombres que visten bata blanca rodeados de aparatos de química y microscopios”* (McCarthy, 1985).

La enseñanza de la física a nivel universitario ha cambiado muy poco en los últimos años, permaneciendo ajena (con algunas excepciones) a la incorporación de nuevas metodologías de enseñanza. Una de las metodologías incorporadas en años recientes a la enseñanza es la teoría de estilos de aprendizaje. Existe un gran número de teorías de estilos de aprendizaje que se han incorporado a la enseñanza en general y en menor medida a la enseñanza de las ciencias. En particular a la enseñanza de la física se han incorporado en menor medida estas teorías de estilos de aprendizaje, sin embargo, si hay evidencia de la utilidad de estas en el aprovechamiento de los estudiantes al hacer usos de ellas. Otro aspecto a destacar con respecto a las teorías de estilos de aprendizaje, es el hecho de que su aplicación se ha limitado, al menos en el caso de las ciencias, a la enseñanza en los niveles educativos básicos, siendo el menos explorado el nivel universitario.

En este trabajo se presenta el proceso y resultados de aplicar el Sistema 4MAT de Betrice McCarthy (McCarthy, 1987) para la enseñanza de la física a nivel universitario. El Sistema 4MAT es un sistema que combina la teoría de estilos de aprendizaje de Kolb y los estudios sobre las formas de percibir y procesar la información en función de la hemisfericidad cerebral del individuo.

El objetivo principal de este trabajo se puede resumir por lo tanto de la siguiente manera:

*“Aplicar el Sistema 4MAT para la enseñanza de la física a nivel universitario con el fin de obtener resultados de su viabilidad y eficiencia en el aprendizaje de los estudiantes”*

## 1.2 Justificación

La física es una de las ciencias que presentan una mayor dificultad en su comprensión por parte de los estudiantes, esta dificultad es evidente en el bajo índice de aprobación de esta disciplina en las escuelas en los diferentes niveles educativos en donde se

imparte. Por otro lado, como se menciona anteriormente, los profesionales encargados de enseñar física en las escuelas difícilmente introducen metodologías novedosas en su práctica, tienen la tendencia de repetir la forma en la que fueron “instruidos” en la física, es decir, en forma tradicional, donde un experto da una clase magistral sin tener prácticamente interacción con los estudiantes. Estos dos aspectos, bajo índice de aprobación e instrucción tradicional, dan pie a cuestionar sobre la necesidad de incorporar elementos nuevos en la enseñanza de la física.

Esta incorporación es de mayor trascendencia en la enseñanza de la física a nivel universitario, dado que por lo general, los cursos de física están asociados en este nivel a los programas de ingeniería como “*materia de ciencia básica*”, que a su vez es base de una serie de materias posteriores en dichos programas.

Por otro lado, los investigadores educativos han demostrado que el introducir las teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de diversas disciplinas ha mejorado el desempeño de los estudiantes, aumentado su comprensión y el espíritu crítico en sus cuestionamientos. En el caso particular del Sistema 4MAT, se han reportado estudios de su efectividad al aplicarse directamente a estudiantes de nivel medio y bachillerato de diversas disciplinas (Dwyer, 1993), (Scott, 1994), (Larkin, 2003). Sin embargo, son escasos los reportes de aplicar las teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de ciencias a nivel universitario (Larkin, 2003), mientras que no existen reportes de la aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de ciencias en nivel universitario.

Por lo tanto, este trabajo tiene gran relevancia para la enseñanza de la física a nivel universitario y presenta un reto importante a nivel didáctico y de investigación. El tema y la investigación son importantes por:

- Introducir la teoría de estilos de aprendizaje en la enseñanza de la física, en particular del Sistema 4MAT, a nivel universitario. Existen evidencias del buen resultado de introducir teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de diversas disciplinas, sobre todo a niveles básicos y de bachillerato de enseñanza. Sin embargo, a pesar de este éxito hay pocas evidencias de la aplicación de teorías de estilos de aprendizaje a nivel universitario, y menos aún en el área de las ciencias. Al introducir el Sistema 4MAT en la enseñanza de física a nivel universitario se pudo investigar la viabilidad de su uso y la conveniencia de su aplicación.
- Permitted el diseño de estrategias de aprendizaje dentro del ciclo de aprendizaje propuesto por McCarthy en el Sistema 4MAT (McCarthy,

2006). Al no existir evidencias de aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario, se diseñaron estrategias dirigidas a cada estilo de aprendizaje, dichas estrategias se basaron tanto en las recomendaciones de McCarthy, como en investigaciones sobre la enseñanza de la física a nivel universitario (Hammer, 1995), (Martínez, 2007).

- Se aplicaron directamente a estudiantes de nivel universitario las estrategias diseñadas de acuerdo al Sistema 4MAT. Al aplicar directamente a estudiantes, se pudo observar el desarrollo de las estrategias y su conveniencia en varios aspectos: Tiempo de aplicación, interés de los estudiantes, comprensión y asimilación del material, entre otros. Se pudo por lo tanto evaluar en tiempo real al Sistema 4MAT en su aplicación y resultados.
- Se pudo hacer caracterización de los estudiantes a los que se instruyó bajo el Sistema 4MAT. Se diseñaron y aplicaron instrumentos para conocer el estilo de aprendizaje y hemisfericidad cerebral de los estudiantes, así como el estilo de enseñanza del profesor, de manera que se pudo relacionar el tipo de estrategia utilizada con la respuesta que se obtuvo por parte de los estudiantes en función de su estilo de aprendizaje.
- Se obtuvieron resultados de investigación derivados de la aplicación del Sistema 4MAT. Al aplicar el sistema 4MAT, se observó su utilidad para la detección y eliminación de conceptos errados o desviados (los llamados “*misconceptions*”), se pudieron obtener resultados acerca del lenguaje corporal de los estudiantes en las diversas estrategias (introduciendo la semiótica), entre otros resultados.

Estos puntos justifican la importancia de este trabajo. Los resultados obtenidos son relevantes para didáctica de la física a nivel universitario, al aplicar el Sistema 4MAT en situación real.

El presente trabajo muestra los resultados de aplicar el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario, de manera que se ha organizado en cinco capítulos el proceso bajo el cual se desarrolló el trabajo.

En primer lugar, se desarrolla el estado del arte de este trabajo. Se da una reseña sobre algunas de las investigaciones hechas acerca de los estilos de aprendizaje aplicados en la enseñanza, en particular sobre la aplicación del Sistema 4MAT. Se reportan los trabajos hechos con respecto a la enseñanza de la física a nivel universitario, en especial los desarrollados en México en los últimos años. Finalmente, se muestran las investigaciones que sirven de base para el diseño de algunas de las actividades que se desarrollaron en esta investigación, tales como el diseño de estrategias y la construcción de indicadores entre otros.

A continuación se desarrolla (capítulo 2) una breve introducción a el Sistema 4MAT. Se parte de la definición misma de aprendizaje, analizando diversas definiciones dadas por diferentes autores, de todas estas definiciones se llega a la obtenida por Kolb y que a su vez complementa McCarthy (McCarthy, 1987). Al tener una definición de aprendizaje se llega a las diferentes teorías de estilos de aprendizaje, se da una breve descripción de los diferentes tipos de teorías que se han formulado y que se pueden clasificar por el método de capas de cebolla de Curry (Gallego, 2006), dando paso finalmente a la teoría de estilos de aprendizaje de Kolb. Se mostrará que a partir de la teoría de cuatro estilos de aprendizaje de Kolb y las investigaciones sobre la percepción del cerebro, McCarthy desarrolla el Sistema 4MAT, mostrando que a diferencia de Kolb, que el estilo de aprendizaje del individuo no es único, sino una combinación de los cuatro estilos de aprendizaje donde uno es preponderante, y más importante aún, muestra que el estilo de aprendizaje por sí mismo es irrelevante en la enseñanza si ésta no se lleva a cabo por medio de un ciclo de aprendizaje que incluya actividades orientadas a atender a los cuatro estilos de aprendizaje. Se presentará una breve explicación de la hemisfericidad cerebral, desde el punto de vista de los procesos mentales que corresponden tanto al hemisferio derecho como izquierdo y su relación con los cuatro estilos de aprendizaje, que al combinarse en un ciclo de aprendizaje dan por resultado el Sistema 4MAT de McCarthy. Finalmente, se da una breve justificación del uso del Sistema 4MAT en la enseñanza de las ciencias, partiendo del hecho de que la enseñanza de las ciencias está limitada por el estereotipo que se tiene de ésta, es decir, se deja fuera al menos a la mitad de los estudiantes que no corresponden con dicho estereotipo, situación que se propone revertir al incluir a los estudiantes de los cuatro estilos utilizando ciclos de aprendizaje basados en el Sistema 4MAT.

En el siguiente capítulo, se describe a detalle cómo se implemento el Sistema 4MAT. Se comienza por las bases teóricas de McCarthy que se utilizaron en el diseño de ciclos de

aprendizaje, en particular orientados a la enseñanza de ciencias en el nivel universitario (McCarthy, 1985), (McCarthy, 1987). Para una descripción más detallada se presentan mapas mentales similares a los utilizados por McCarthy en su propuesta del Sistema 4MAT. Se hace un comparativo del proyecto de investigación llevado a cabo con otros implementados en la enseñanza de la física a nivel universitario que utilizan teorías de estilos de aprendizaje, en particular se hace el comparativo con el desarrollado por Larkin (Larkin-Hein, 2001). Se detalla el ciclo de aprendizaje propuesto para enseñar física a nivel universitario utilizando el Sistema 4MAT, en este caso se explicará el por qué de la elección de un tema en particular para ejemplificar (en el caso de este trabajo el tema elegido es el concepto de Fuerza), y se muestra el ciclo diseñado, con actividades dirigidas a los cuatro estilos de aprendizaje y para hemisferio izquierdo y hemisferio derecho del cerebro; esto llevará a tener 8 pasos en cada ciclo por tema. Se explicará cómo fue seleccionado el grupo de estudiantes donde se probó el ciclo diseñado, aplicando las actividades y evaluando el proceso de aprendizaje. Se hará una breve descripción del programa de Física de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, del Instituto Politécnico Nacional de México (ESCOM-IPN), institución en donde se aplicó el ciclo propuesto, se analizan los objetivos, fundamentos y temas del programa, de manera que se comprueba que el ciclo propuesto cubre con dichos puntos. Se presenta la caracterización hecha al grupo y los instrumentos contruidos para este fin. La caracterización muestra la combinación de estilos de aprendizaje y la hemisfericidad cerebral de los estudiantes participantes en el estudio, también se muestra la combinación de estilos de enseñanza presentadas por los profesores participantes. Esta caracterización es importante debido a que se hace más adelante el análisis comparativo entre las actividades dirigidas a cada estilo y el estilo predominante de cada estudiante para conocer el grado de satisfacción y aprovechamiento en cada actividad. Finalmente, se hace una reseña de las actividades llevadas cabo, cada una de las cuales fue video grabadas para su registro y análisis, estas actividades serán:

- Discusión grupal (Estilo 1)
- Clase Teórica Tradicional (Estilo 2)
- Clase Práctica de Laboratorio (Estilo 3)
- Exposición Individual de los Estudiantes (Estilo 4)

En el siguiente capítulo, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del Sistema 4MAT al grupo de Física de la ESCOM-IPN. Se presenta el diseño de un cuestionario de evaluación del proceso que se aplicó a los estudiantes. Dicho cuestionario arroja resultados acerca de su grado de satisfacción y comodidad en cada una de las actividades del ciclo de aprendizaje aplicado, el nivel de participación, el comparativo de la instrucción tradicional con la propuesta por el Sistema 4MAT, y el aprovechamiento logrado por los estudiantes. Se muestran resultados obtenidos gracias a la aplicación del Sistema 4MAT, vía las actividades diseñadas y aplicadas en el ciclo de aprendizaje, tal como la detección y eliminación de conceptos errados o desviados (los llamados “*misconceptions*”) gracias a la discusión grupal, o la respuesta corporal de aceptación o rechazo de las actividades por los estudiantes (introduciendo semiótica). Finalmente, en el último capítulo se presentan las conclusiones obtenidas después de la investigación. Se exponen las respuestas a las preguntas de investigación y las hipótesis formuladas. Se argumenta el alcance del objetivo planteado y finalmente se dan recomendaciones acerca de la conveniencia de la aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario.

### **1.3 Preguntas de Investigación**

De acuerdo al objetivo mencionado en la sección anterior, es necesario responder una serie de preguntas por parte de la investigación para corroborar que se alcance dicho objetivo.

Estas preguntas generan a su vez hipótesis para su respuesta. La metodología y procedimientos que tratan de probar las hipótesis, y las respuestas subsecuentes a las preguntas de investigación se muestran en los siguientes capítulos tal como se detalló en la sección anterior.

El objetivo planteó la necesidad de formular tres preguntas de investigación. Las preguntas dividen el objetivo en tres partes fundamentales para la investigación, éstas se pueden resumir de la siguiente forma:

1. *¿Cómo puede el Sistema 4MAT ser implementado a un curso de física a nivel universitario?*
2. *¿Es viable el Sistema 4MAT para la enseñanza de la física a nivel universitario en tiempo, alcance de objetivos de un programa y adquisición de conocimientos y competencias de los estudiantes?*

3. *¿El Sistema 4MAT muestra ser eficiente en comparación con otros modelos educativos en la enseñanza de la física a nivel universitario?*

Estás preguntas presentan una serie de dificultades desde el punto de vista de investigación. Para poder dar respuesta se necesita, hacer trabajo de campo, conformar un grupo de estudiantes con quienes analizar la aplicación del Sistema 4MAT, generar estrategias y materiales para la aplicación del Sistema 4MAT, realizar comparativos con estudios similares, entre otros.

Estás preguntas generan a su vez, hipótesis sobre las cuales se desarrollará este trabajo. Las hipótesis de trabajo se presentan a continuación:

- Hipótesis 1: *El Sistema 4MAT se puede aplicar a la enseñanza de la física en el nivel universitario al crear, desarrollar y aplicar estrategias de aprendizaje dirigidas a los cuatro estilos de aprendizaje y los dos hemisferios cerebrales, dentro de un ciclo de aprendizaje. Éstas estrategias pueden ser evaluadas al cerrar el ciclo y calificar el aprendizaje logrado por los estudiantes.*
- Hipótesis 2: *El Sistema 4MAT es adaptable a un programa de física a nivel universitario, de manera que se ajusta en tiempo y forma a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. El utilizar ciclos de aprendizaje utilizando el Sistema 4MAT permite desarrollar competencias en un mayor número de estudiantes al incluir a los estudiantes de los cuatro estilos, mejorando significativamente la calidad del aprendizaje.*
- Hipótesis 3: *El Sistema 4MAT presenta un alto grado de eficiencia en la enseñanza de la física en comparación con la enseñanza tradicional, abarca a un mayor número de estudiantes al involucrar los cuatro estilos de aprendizaje, permite al instructor diseñar estrategias que lleven al “centro” a la mayoría de los estudiantes y que le permiten detectar conceptos errados o desviados con mayor facilidad, así como también diferenciar las actitudes de los estudiantes en función de su estilo de aprendizaje para poder interpretarlas y atenderlas, aumentando con esto la eficiencia en la enseñanza.*

Estas hipótesis dan respuesta a las preguntas de investigación. En este trabajo se muestra el trabajo de investigación desarrollado para probar éstas hipótesis, que finalmente permiten alcanzar el objetivo planteado en un principio. En cada sección se hará énfasis sobre cuál hipótesis se desarrolla particularmente en ella.

## 1.4 Antecedentes (Estado del Arte)

El análisis de los Estilos de Aprendizaje ofrece indicadores que ayudan a guiar las interacciones de las personas con las realidades existenciales. Facilitan un camino limitado, de auto y heteroconocimiento (Alonso, 1997).

El rápido cambio que se siguen produciendo en la sociedad moderna, y en el mundo académico en particular, sugieren que el aprendizaje debe ser un proceso continuo. Un creciente cuerpo de investigaciones en estudiantes adultos sugiere que el aumento en el aprendizaje puede lograrse cuando la instrucción está diseñada tomando en cuenta el estilo de aprendizaje de los estudiantes. Además, varios profesionales en el ámbito de la física, así como la enseñanza de la ingeniería, han señalado la importancia de la enseñanza utilizando los estilos de aprendizaje (Larkin, 2003). Además la atención a la diversidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes, ha demostrado aumentar el interés de los estudiantes y su motivación para aprender (Harb, 1993).

En 1964 Miel presentó su famosa “espiral” la cuál demostró gráficamente que la educación en los Estados Unidos cambia su principal énfasis en cada década (Scott, 1994).

La espiral pronosticó de manera precisa que las “necesidades de la sociedad” se enfocaron en el curriculum en los 80’s. La espiral también pronosticó que en los 90’s, se vería un regreso en los currícula a las “necesidades del individuo”.

Las metas y filosofía de los 80’s, era compatible con modelos instruccionales del tipo directo y explícito, mientras que la espiral formuló que en los 90’s se caracterizarían por un renovado interés en modelos más holísticos, que dieran a currícula integrados, estilos de aprendizaje, y formas más individuales de evaluación. Antiguos “métodos integradores”, tal cómo, el de resolución de problemas o elaboración de proyectos, recibieron un nuevo interés. El Sistema 4MAT, uno de los métodos integradores más novedosos, recibió progresivamente mayor atención en el desarrollo de los años 90<sup>1</sup>.

El Sistema 4MAT, es un ciclo de instrucción de ocho pasos, está basado teóricamente en el Modelo del aprendizaje experimental de Kolb que considera cuatro estilos de aprendizaje (McCarthy, 2006). Además, incorpora resultados de la investigación realizada en campos como la educación, psicología, neurología y liderazgo.

---

<sup>1</sup> En el siguiente capítulo se desarrolla a detalle ¿qué es?, y ¿cómo funciona? el Sistema 4MAT. En esta sección se busca mostrar las investigaciones hechas con el 4MAT alrededor de la enseñanza en general, y en particular de la física.



Por otro lado, para respetar la diversidad en la educación universitaria, los instructores requieren considerar los diversos estilos de aprendizaje de las personas que se sientan en sus aulas (Dwyer, 1993). Sin embargo, existe quien argumenta que en el nivel universitario es tarea imposible personalizar la educación y enseñar a una variedad de estilos de aprendizaje. Esto no es cierto si se utiliza un modelo de estilo de aprendizaje que tenga en cuenta las principales diferencias de aprendizaje y guíe en el desarrollo de estrategias de enseñanza que tome en cuenta de esas diferencias. El Sistema 4MAT de McCarthy, es un modelo que toma en cuenta los estilos de aprendizaje y que ha sido utilizado en la enseñanza en el nivel superior (Dwyer, 1993), (Scott, 1994), (Bowers, 1987).

Dwyer (Dwyer, 1993) reporta como el uso del Sistema 4MAT en estudiantes de nivel universitario del curso de lenguaje ha ayudado a mejorar su interés:

*“He usado el Modelo del Sistema 4MAT para construir estrategias de enseñanza para numerosas unidades el año pasado. He notado un número creciente de estudiantes interesados y un mejor rendimiento de los estudiantes desde que comencé a utilizar el ciclo de ocho pasos como guía en el aula”*

No obstante, el Sistema 4MAT no está exento de críticas. Para Scott (Scott, 1994) existe un problema en la validez del sistema, al ser defectuosas las investigaciones que se han hecho sobre el 4MAT, o más precisamente sobre su aplicación, pone en duda al sistema en sí mismo. Sin embargo, señala también que esto no significa que el Sistema 4MAT por sí mismo falle. Señala que, a pesar de no ser sinónimos, validez y legitimidad, ésta última se ha ido ganado para el Sistema 4MAT a través de un gran número de eventos donde una cantidad cada vez mayor de investigadores utilizan al 4MAT como marco teórico para sus investigaciones. Sin embargo, Scott concluye su estudio con un punto de vista personal positivo hacia el 4MAT:

*“Y, para cerrar con una nota personal, este escritor ha guiado a estudiantes en la formación docente en el desarrollo de rigurosas "lecciones" en 4MAT, en la enseñanza tanto en los niveles primario cómo secundario. Uno no debe, sin embargo, subestimar la cantidad de este tiempo y esfuerzo necesarios para dominar el 4MAT intelectual y operacionalmente.”*

Por otro lado, las ciencias, en particular la física, no ha estado exenta de la introducción de teorías de estilos de aprendizaje. Larkin (Larkin, 2003) (Larkin-Hein, 2001) (Beltran, 1990), utiliza el método de Dunn y Dunn (basado teóricamente en Kolb, al igual que el 4MAT) para la enseñanza de la física a nivel universitario. En su experiencia al aplicar

la teoría de estilos de aprendizaje ha tenido éxito en el cambio de actitud de los estudiantes. Una muestra de lo anterior son los comentarios hechos por estudiantes reportados por Larkin:

- *"Me hizo pensar más en el sentido común detrás de la física".*
- *"Con la cantidad de escritura en el papel, y el hecho de que yo sabía que se tomaron el tiempo para mirar en mi trabajo yo sabía que necesitaba pasar más tiempo en mi física, pero no necesariamente sobre un concepto específico. "*
- *"La información me hizo pensar más profundamente acerca de lo que yo había escrito. La información sobre el estilo de aprendizaje me hizo pensar más de un segundo"*

Larkin también expresa sus conclusiones al comparar la enseñanza tradicional con su experiencia al introducir estilos de aprendizaje en la práctica docente:

*"Una diferencia fundamental entre cada uno de estos enfoques de aprendizaje es la naturaleza de la información recibida por los estudiantes.*

*Con la escritura, los estudiantes recibieron información directamente del instructor. Sin embargo, con los estilos de aprendizaje, la información fue predominantemente de los estudiantes compañeros. Los estilos de aprendizaje individuales jugaron un rol crítico en los estudiantes participantes en el estudio. La necesidad de identificar los estilos de aprendizaje nunca había sido tan importante como en el presente".*

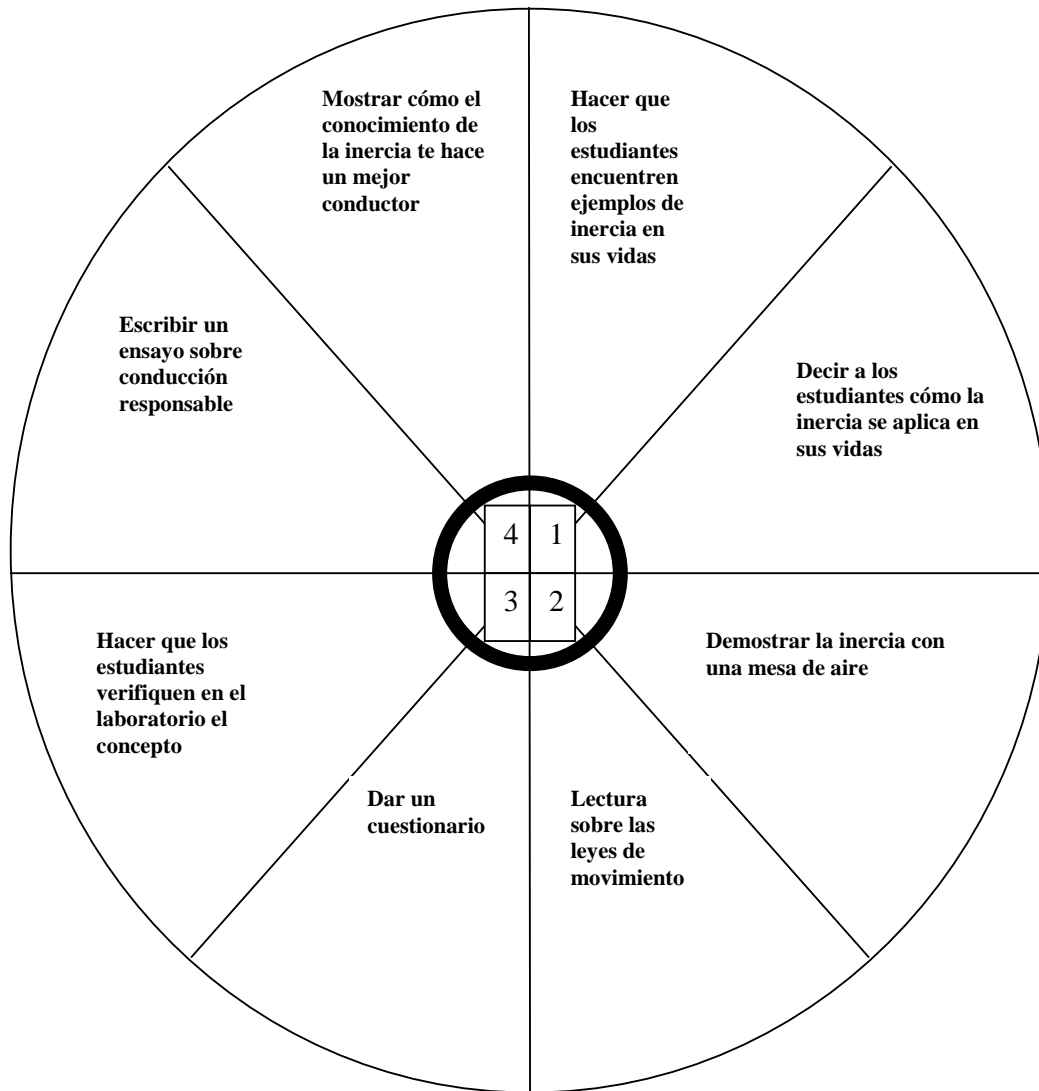
Un resultado importante reportado por Larkin, es que cada vez más estudiantes prefieren matricularse en los cursos de física introductoria (en la Universidad de Pittsburgh) en los cuales se utiliza la teoría de estilos de aprendizaje.

Por otro lado, la investigación educativa orientada hacia la enseñanza de la física en México es, por decir lo menos, escasa. De la investigación hecha, ésta se inclina fundamentalmente a la forma de percibir la información por parte de los estudiantes, sin introducir o sugerir métodos alternativos de transmitir la información (Martínez, 2007). Se sigue considerando que los estudiantes de nivel universitario necesitan *"Familiarizarse con la metodología científica y aprendizaje significativo de los contenidos de física"* (Martínez, 2007). No obstante, se tiene conciencia de que los currícula en física están más orientados a la transmisión de conocimientos, donde se favorece el que el alumno aplique nociones teóricas en la resolución de problemas. Este tipo de enseñanza no considera necesaria la introducción de metodologías alternativas que sirvan para incluir al mayor número de estudiantes.

Existen sin embargo, estudios donde no sólo se introduce el Sistema 4MAT a la enseñanza en general, sino que la introducen a la enseñanza de la física. Bowers (Larkin, 2003) introduce el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física, en particular en lo utiliza para impartir el tema de Leyes de Movimiento de Newton<sup>2</sup>. En su estudio, Bowers reporta que a los grupos donde aplicó el Sistema 4MAT se tiene un mayor grado de espíritu crítico en comparación con los grupos de control que llevaron instrucción tradicional, sobre todo en las preguntas sobre pensamiento crítico. Sin embargo, también reporta una desventaja del Sistema 4MAT cuando se trata de analizar a profundidad temas específicos de ciencia en general y de física en particular. Un aporte importante que hace finalmente Bowers, es el de incluir los planes y diseño de estrategias utilizados tanto con los grupos de 4MAT como los de instrucción tradicional. El uso del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física, a pesar de no ser muy documentado, está planteado desde el origen mismo del sistema. McCarthy (McCarthy, 1985) de hecho plantea que como un ejemplo del ciclo de aprendizaje basado en el 4MAT, el de las leyes de movimiento como se muestra en la siguiente figura.

---

<sup>2</sup> En este trabajo no se sigue expresamente el trabajo de Bowers, sin embargo, se retoman elementos en la construcción de actividades. Bowers realizó su trabajo con estudiantes de nivel medio superior, mientras que en este trabajo se hace para estudiantes de nivel universitario. Otro aspecto importante que distingue ambos trabajos es la diferencia cultural y de recursos existentes entre North Carolina (sede del estudio de Bowers) y el Instituto Politécnico Nacional (donde se desarrollo este trabajo). En el resto de este trabajo se señalará cuáles son las similitudes y diferencias entre ambos estudios.



**Figura 0. Ciclo de Aprendizaje para la enseñanza de las leyes de movimiento sugerido por McCarthy.**

McCarthy señala con respecto a la figura anterior: *“Aunque estas acciones se llevan a cabo por algunos instructores dentro de la enseñanza tradicional, no siguen este ciclo, siguen una especie de “ciclo Z”, comenzando por el cuadrante 2, moviéndose al cuadrante 3, de ahí al 1 y finalizando en el 4”*.

En este ciclo es claro que cada cuadrante dirigido a cada estilo, tiene dos actividades, una para el hemisferio derecho del cerebro y la siguiente para el izquierdo<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> En el siguiente capítulo se mostrará a detalle cómo se construyen los ciclos de aprendizaje con la base teórica del Sistema 4MAT.

Este tipo de esquema (en forma de mapa mental) es muy útil para estimular el hemisferio derecho del cerebro y muestra claramente las actividades planeadas en el ciclo. En este trabajo (como se mostrará a detalle en el capítulo 3) se seguirá esta metodología para el diseño de las actividades propuestas.

En este trabajo se utilizará el marco teórico descrito en este capítulo para probar las hipótesis planteadas. En los capítulos siguientes se mostrarán a detalle el diseño y la instrumentación de las estrategias, además de profundizar en las bases teóricas de algunos temas específicos. Finalmente, se mostrarán los resultados y conclusiones del trabajo.

## 2 Sistema 4MAT

### 2.1 ¿Qué es el aprendizaje?

Antes de abordar cualquier teoría de estilos de aprendizaje es necesario partir de una definición misma de aprendizaje, pero esta definición no es única y depende en muchas ocasiones del autor. Por ejemplo, Beltrán (Beltran, 1990) define el aprendizaje como:

*“Un cambio más o menos permanente de la conducta que se produce como resultado de la práctica”.*

Por su parte Hilgard (Hilgard, 1979) propone esta otra definición:

*“Se entiende por aprendizaje el proceso en virtud del cual una actividad se origina o se cambia a través de la reacción a una situación encontrada, con tal que las características del cambio registrado en la actividad no puedan explicarse con fundamento en las tendencias innatas de respuesta, la maduración o estados transitorios del organismo (por ejemplo, la fatiga, drogas,...)”.*

Es curioso mencionar que para el mismo Hilgard su propia definición no es totalmente satisfactoria desde el punto de vista formal, en este sentido Díaz Bordenave (Díaz Bordenave, 1986) ofrece una definición más completa:

*“Llamamos aprendizaje a la modificación relativamente permanente en la disposición o en la capacidad del hombre, ocurrida como resultado de su actividad y que no puede atribuirse simplemente al proceso de crecimiento y maduración o a causas tales como enfermedad o mutaciones genéticas”.*

Para Alonso (Alonso, 1997) la confusión sobre el concepto de aprendizaje se debe a no diferenciar entre tres enfoques que describen aspectos no siempre homogéneos, el aprendizaje puede ser entendido:

1. Como producto.
2. Como proceso.
3. Como función.

Nuevamente para Alonso un concepto de aprendizaje desde el punto de vista didáctico debe de tener tres dimensiones:

1. Dimensión cognitiva
2. Dimensión comportamental

3. Enriquecer las propias expectativas existentes y las capacidades operativas.

Por otro lado A. Bartolomé y C. Alonso (Bartolomé, 1992) hablan de cuatro niveles de aprendizaje, puesto que las informaciones se sustentan sobre cuatro aspectos del individuo:

1. Sus saberes o sus maneras de saber hacer en los campos específicos.
2. Sus capacidades de multiplicadoras.
3. Sus recursos estratégicos.
4. Su motivación, sus actitudes con respecto al aprendizaje.

Zabalza (Zabalza, 1991) realiza una aproximación alterna del aprendizaje considerando las aportaciones de todas las teorías de aprendizaje que se derivan para el proceso didáctico:

1. El aprendizaje como constructor teórico, ¿Cómo se aprende?
2. El aprendizaje como tarea del alumno, ¿Cómo aprenden los alumnos?
3. El aprendizaje como tarea del profesor, ¿Cómo enseña a aprender?

A partir de los aspectos anteriores Alonso (Alonso, 1997) da una definición ecléctica de aprendizaje:

*Aprendizaje es el proceso de adquisición de una disposición, relativamente duradera, para cambiar la percepción o la conducta como resultado de una experiencia.*

## **2.2 Teorías de Aprendizaje**

Existen múltiples intentos para clasificar las teorías del aprendizaje, Pérez Gómez (Pérez Gómez, 1992) elige como criterio la concepción de aprendizaje en sí misma, distinguiendo dos corrientes, la primera que concibe el aprendizaje como proceso ciego y mecánico de asociación de estímulos y respuestas, el segundo enfoque considera que en todo aprendizaje intervienen peculiaridades de la estructura interna, dentro de estas teorías se distinguen tres corrientes: Aprendizaje social, Teorías cognitivas (como la Gestalt) y teorías del procesamiento de la información.

Alonso (Alonso, 1997) distingue por su importancia pedagógica ocho tendencias de las teorías de aprendizaje:

- Teorías Conductistas

- Teorías Cognitivas
- La Teoría Sinérgica de F. Adam
- Tipología de Gagné
- Teoría Humanística de Rogers
- Teorías Neurofisiológicas
- Teorías de Elaboración de la Información
- El enfoque constructivista

Este último enfoque es el que ha predominado en años recientes en el medio del aprendizaje, sin embargo, como señala Alonso (Alonso, 1997):

*“La actividad constructiva no es una actividad exclusivamente individual. En la educación escolar hay que distinguir entre aquello que el alumno es capaz de hacer y aprender por sí solo y lo que es capaz de aprender con la ayuda de otras personas.*

*“El profesor debe de intervenir, precisamente, en aquellas actividades que un alumno todavía no es capaz de realizar por sí mismo, pero que puede llegar a solucionar si recibe la ayuda pedagógica conveniente”. Y, añadimos nosotros, según su propio Estilo de Aprendizaje.”*

### **2.3 Estilos de aprendizaje**

Al igual que en la definición de aprendizaje, los estilos de aprendizaje suelen tener diferentes acepciones dependiendo del autor que la formule, a pesar de esto existe una mayor uniformidad de criterios. Para R. Dunn, K. Dunn y G. Price (Dunn, 1979), Estilo de Aprendizaje es:

*“la manera por la que 18 elementos diferentes, que proceden de cuatro estímulos básicos afectan a la habilidad de una persona para absorber y retener”*

Para Hunt (Hunt, 1979) es el nivel conceptual el que caracteriza el Estilo de Aprendizaje:

*“es una característica basada en la teoría del desarrollo de la personalidad que describe a la persona en una jerarquía de desarrollo creciente de la complejidad conceptual, autorresponsabilidad e independencia”.*

Para Schmeck (Schmeck, 1982) un Estilo de Aprendizaje es:



*“simplemente el Estilo Cognitivo que un individuo manifiesta cuando se confronta con una tarea de aprendizaje”.*

Gregorc (Gregorc, 1979), en cambio afirma que el Estilo de Aprendizaje consiste:

*“en comportamientos distintivos que sirven como indicadores de cómo una persona aprende y se adapta a su ambiente”.*

Para Claxton y Ralston (Claxton, 1978):

*“Estilo de aprendizaje es una forma consistente de responder y utilizar los estímulos en un contexto de aprendizaje”.*

Y Riechmann (Riechmann, 1979):

*“Estilo de Aprendizaje es un conjunto particular de comportamientos y actitudes relacionados con el contexto del aprendizaje”.*

Butler (Butler, 1982) indica que los Estilos de Aprendizaje:

*“señalan el significado natural por el que una persona más fácil, efectiva y eficientemente se comprende a sí misma, el mundo y la relación entre ambos”.*

Smith (Smith, 1988), Estilos de Aprendizaje son:

*“los modos característicos por los que un individuo procesa la información, siente y se comporta en las situaciones de aprendizaje”.*

Kolb (Kolb, 1984) incluye el concepto de Estilos de Aprendizaje dentro de su modelo de aprendizaje por la experiencia y lo describe como.

*“algunas capacidades de aprender que se destacan por encima de otras como resultado del aparato hereditario de las experiencias vitales propias, y de las exigencias del medio ambiente actual.*

*Llegamos a resolver de manera característica, los conflictos entre el ser activo y reflexivo y entre el ser inmediato y analítico. Algunas personas desarrollan mentes que sobresalen en la conversión de hechos dispares en teorías coherentes, y, sin embargo, estas mismas personas son incapaces de deducir hipótesis a partir de su teoría, o no se interesan por hacerlo, otras personas son genios lógicos, pero encuentran imposible sumergirse en una experiencia y entregarse a ella.”*

Finalmente después de analizar el conjunto anterior de definiciones de estilos de aprendizaje Alonso (Alonso, 1997) toma como propia la siguiente:

*“Los estilos de aprendizaje son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje.”*

En este trabajo se seguirá la definición dada por McCarthy (McCarthy, 2006):

*“Los Estilos de Aprendizaje son el resultado de las preferencias en la forma en que la gente percibe y procesa experiencias.*

*Los estilos de aprendizaje se pueden describir con la construcción de cuatro cuadrantes. Pero los estilos de aprendizaje no son lo más importante en sí mismos, no ofrecen una guía para los maestros. Para esta guía se necesita un ciclo de aprendizaje.”*

Después del conjunto anterior de definiciones sobre estilos de aprendizaje es conveniente poder clasificarlas en función de parámetros claros, bajo las cuales se puedan agrupar. Gallego (Gallego, 2006) se remite al modelo de “capas de cebolla”:

*“Curry clasificaba las distintas herramientas y modelos de estilos de aprendizaje con la “analogía de la cebolla” diferenciando tres capas o tres niveles de modelos.*

*El primer nivel, la parte exterior de la cebolla, la más fácilmente observable y en la que más fácilmente se puede actuar, se centra en las preferencias instruccionales y ambientes de aprendizaje.*

*El segundo nivel o estrato de la cebolla se basa en las preferencias de cómo se procesa la información. Esta teoría facilita al estudiante sus preferencias vitales en el modo de aprendizaje en el aula y el docente puede planificar con mayor precisión y adecuación al currículum, el proceso de aprendizaje y la acción didáctica en el aula. La propuesta de Kolb podría incluirse en este apartado<sup>4</sup>.*

*Y el tercer nivel o corazón de la cebolla, se relaciona con las preferencias de aprendizaje debidas a la personalidad.”*

Siguiendo nuevamente a McCarthy (McCarthy, 1987) establece que:

*“hay dos grandes diferencias en la forma en que aprendemos, la primera es cómo percibimos y la segunda cómo procesamos. Percibimos la realidad de forma diferente, tomamos las cosas en formas diferentes. En situaciones nuevas algunos de nosotros procesamos primordialmente sintiendo mientras que otros a través de pensamiento”*

Para McCarthy esta forma en la cual percibimos y procesamos la realidad es debido a cómo actúa el sistema mente-cerebro dado que diferentes partes del cerebro procesan de manera diferente la información, esto provoca en el individuo una forma particular de preferir cómo procesa la información y a eso se le puede llamar en principio estilo de aprendizaje.

---

<sup>4</sup> Y se verá más adelante que también la propuesta de MacCarthy.

En la proximidad del siglo veinte, el grueso de la investigación aceptada en cognición y aprendizaje humanos estaba enfocado en descubrir leyes generales del conocimiento humano o principios de inteligencia. Varias investigaciones sobre habilidad mental generaron métodos estadísticos para clasificar a los seres humanos en términos de inteligencia. En esta época, la mayoría de los teóricos apoyan la idea de que la inteligencia estaba determinada biológicamente y era virtualmente sinónima de formas específicas de pensamiento abstracto. Sin embargo, al mismo tiempo de la revolución científica, muchos teóricos e investigadores comenzaron a cuestionar como incompleta esta visión de la inteligencia y aprendizaje humano. Este cambio aunque rastreado a través de varias etapas de desarrollo, puede atribuirse en gran medida a Dewey y constituye la base de sus esfuerzos para reformar el sistema educativo de los Estados Unidos.

En 1916, Dewey escribió “Experiencia y Educación”, en donde afirmaba que todo aprendizaje requería una interacción transaccional entre un individuo y su ambiente, La teoría con bases biológicas de Dewey construyó un caso para el aprendizaje por acción en vez del aprendizaje por abstracción o repetición maquinal. Así pues, él prefería la palabra “instrumentalismo” como una descripción de su filosofía educativa, que enfatizaba la evaluación de las consecuencias prácticas de las ideas. Para Dewey, la experiencia, la interacción de un individuo con su ambiente como un campo de evaluación para las ideas, fue de suma importancia.

En 1933, Dewey publicó “¿Cómo Pensamos?”. Este libro describe su método de cinco pasos para el pensamiento, que involucraba: (1) reflexionar sobre un problema, (2) establecer los límites o características del problema en términos precisos, (3) probar posibles soluciones y postular un amplio rango de hipótesis, (4) considerar los posibles resultados y actuar conforme estas consideraciones, y (5) aceptación o rechazo de las soluciones. Las etapas de pensamiento de Dewey, fueron diseñadas para sistematizar un “método” que permitía trabajar a través de cada experiencia humana mientras esta surgía.

Debe resaltarse aquí que la filosofía educativa de John Dewey enfatizaba la importancia de la experiencia humana como una ruta hacia el entendimiento humano. Para este fin, Dewey escribió extensivamente acerca de la interconexión entre los aspectos científicos, sociales, estéticos y morales de la educación. Sus escritos claramente reflejan su creencia en la “experiencia educacional consumatoria”, una en la que tanto el individuo como su ambiente están en armonía.

Dewey es un contribuyente significativo al sistema de estilos de aprendizaje. Su postulado de que la educación de desarrollo requiere la provisión de experiencias que informen al aprendiz de los límites y contradicciones de su forma de percibir y construir el mundo.

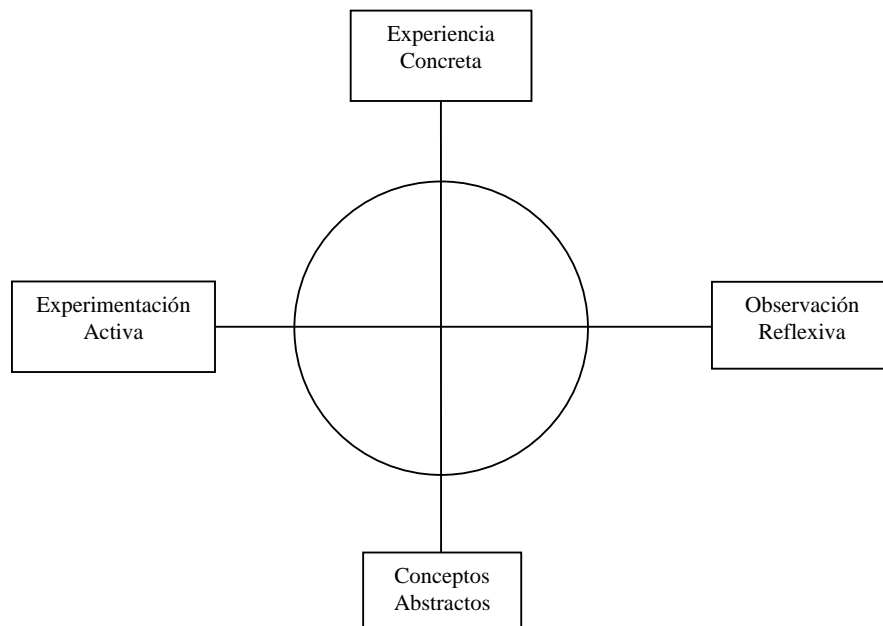
Hoy en día, los investigadores están confirmando el significado de la experiencia personal en la disposición del funcionamiento del cerebro y las habilidades cognitivas. Usando tecnología de exploración cerebral es posible documentar que el cerebro humano, aunque “atado” para funcionar de formas específicas, es también increíblemente flexible en la disposición de estas funciones. Como resultado de estos estudios, existe una creciente evidencia de que cada ser humano perfecciona un conjunto específico de operaciones cognitivas, (y no otras), como resultado de adaptaciones personales a las experiencias de la vida. Estas operaciones cognitivas, referidas frecuentemente en la literatura como potenciales intelectuales, resultan en altos niveles de competencia en diversas áreas del esfuerzo humano. Adicionalmente, también se apoya la idea de que el cerebro humano continúa adaptándose y extendiéndose durante la vida entera del individuo. Desde ésta aún más amplia perspectiva, ese potencial cognitivo no está escondido en la mente, esperando la perfección; en cambio, evoluciona y se diversifica a través del uso, es claramente comprobable que las ideas de Dewey acerca de la importancia de la experiencia en el aprendizaje son correctas.

Otra teoría, basada en la experiencia, del aprendizaje humano y desarrollo personal, ampliamente investigada, es (como se mencionó anteriormente) la teoría del Aprendizaje Experimental de Kolb (Kolb, 1984). También basada en una visión expandida de la capacidad intelectual humana que involucra probar las ideas en experiencias reales, la Teoría del Aprendizaje Experimental se enfoca en esos modos adaptativos del aprendizaje de los que se pueden formar líneas de pensamiento y acciones productivas. De acuerdo con Kolb, el aprendizaje y desarrollo personal son procesos sinónimos que involucran la integración continua de un conjunto de sistemas independientes que dan significado a las circunstancias de la vida. Kolb nombra específicamente estos sistemas, (o modos), de la siguiente forma: Experiencia Concreta (EC), Observación Reflexiva (OR), Conceptualización Abstracta (CA) y Experimentación Activa (EA).

En el corazón de la teoría de Kolb se encuentra la convicción de que el aprendizaje es un proceso continuo y recurrente, a través del cual los individuos refinan e integran

modos adaptativos básicos para percibir, pensar, actuar y sentir. Las mayores afirmaciones del Modelo de Kolb incluyen las siguientes: (1) el aprendizaje es un proceso continuo, no un resultado, (2) el aprendizaje se fundamenta en la experiencia personal, (3) el aprendizaje requiere la resolución de conflictos entre los diferentes modos de adaptación al mundo dialécticamente opuestos, y (4) el aprendizaje involucra transacciones entre el individuo y su ambiente en las que las experiencias son transformadas en conocimiento y acciones.

Para Kolb, el aprendizaje es la tarea central de la vida, constante y que involucra todo lo demás, y la forma en que se aprende es un determinante principal del desarrollo personal. Según Kolb, la Teoría del Aprendizaje Experimental, es un concepto holístico que objetiva la resolución de tensiones entre formas básicas de adaptación personal. La teoría de Kolb está, por lo tanto, fundamentada en la idea que los individuos alcanzan mayores niveles de complejidad cognitiva a través de la integración de modos preferidos y menos preferidos de adaptar sus circunstancias personales.



**Figura. 1 Arreglo de dos Ejes de Kolb para los factores de los estilos de aprendizaje.**

El Ciclo del Aprendizaje de David Kolb es la base teórica del Modelo Sistema de Estilos de Aprendizaje. De acuerdo con Kolb, las adaptaciones al ambiente proceden a través de una dialéctica natural recurrente que comienza con la valoración de la experiencia previa del aprendiz. Esta valoración (generalmente un juicio afectivo), crea el contexto para involucrarse en la percepción a través de la observación y reflexión.

Estas observaciones permiten al aprendiz moverse a una segunda etapa del proceso opuesta al efecto y experiencia personal, una etapa que requiere un cambio de la afección a la abstracción conceptual y la construcción de una teoría válida. De la construcción y asimilación de esta teoría, el aprendiz procede a la comprobación, o tercera etapa del ciclo en la que se determinan las implicaciones para la conducta. La fase de prueba es opuesta a la de percepción y observación reflexiva. El ciclo se completa con la integración de estas implicaciones en una nueva síntesis construida que forma un compuesto para la acción.

Así pues, el Modelo del Aprendizaje Experimental de Kolb describe un proceso a través del cual los cuatro modos o estilos de la experiencia humana se comprometen a varios niveles de complejidad para crear niveles más complejos de entendimiento. Para Kolb, el compromiso adaptativo está entre y más allá de los modos de Experiencia Concreta (EC), Observación Reflexiva (OR), Conceptualización Abstracta (CA) y Experimentación Activa (EA), es un pre-requisito para el aprendizaje y desarrollo personal. La decisión de confiar en una estrategia adaptativa por encima de otras es personal. También se pudiera intentar resolver el problema al reflexionar en él y diseñar un plan, o manipulando y probando aplicaciones hasta encontrar una solución. El balance y experiencia con los cuatro modos adaptativos de aprendizaje es la base de la teoría de Kolb. Dicho simplemente, según Kolb, “los individuos expanden su aprendizaje y proceso adaptativos al ejercitarlos”.

Adicionalmente, de acuerdo a Kolb, cuando visiones contrastantes del mundo resueltas constantemente a través de la supresión de un modo y la dependencia en el opuesto, el aprendizaje tiende a volverse automatizado alrededor del modo confiado y limitado en las áreas suprimidas. El resultado es un estilo “preferido” de aprendizaje. Kolb asegura, *“con el tiempo, las fuerzas de acentuación operan en individuos de tal forma que las tensiones dialécticas entre estas dimensiones son resueltas consistentemente en una manera característica. Algunas personas desarrollan mentes que son buenas en asimilar hechos disparatados en teorías coherentes, aunque estas mismas personas son incapaces de, o no interesadas en, deducir las hipótesis de la teoría. Otros son genios*

*lógicos, pero encuentran imposible involucrarse y rendirse a una experiencia. Cada uno de nosotros, en una forma única, desarrolla un estilo aprendizaje que tiene algunos puntos débiles y fuertes”.*

Kolb también ha popularizado un sistema de clasificación que identifica cuatro “estilos” básicos del aprendizaje:

1. Los divergentes (EC+OR) se basan en sus experiencias concretas y procesan sus experiencias reflexivamente;
2. Los asimiladores (CA+OR) se basan teorías y conceptualizaciones abstractas, que procesan reflexivamente;
3. Los convergentes (CA+EA) se basan en conceptualizaciones abstractas del mundo, y procesan éstas activamente;
4. Los acomodadores (EC+EA) se basan en sus experiencias concretas y las procesan activamente.

Usando estos cuatro estilos de aprendizaje, Kolb articuló su concepto de “prensa ambiental del aprendizaje”, la idea de que la complejidad diferenciada inherente en cada ambiente facilita un tipo particular de adaptación. De acuerdo con Kolb, una situación que demanda experimentación con alternativas de conducta, resalta y refuerza la experimentación activa. Así pues, para Kolb, una tarea o ambiente particular puede ser particularmente fértil para resaltar una u otra competencia genérica adaptativa. Kolb reporta que su análisis de estos cuatro estilos de aprendizaje en profesiones revela que los Divergentes tienen una excesiva representación en las profesiones sociales, los Asimiladores, en las profesiones basadas en la ciencia, los convergentes, en carreras de ciencias naturales/matemáticas y los Acomodadores, en ciencias sociales. Nuevamente, cada aprendiz expande sus procesos adaptativos y de aprendizaje ejercitándolos, de acuerdo con Kolb:

*“Los divergentes son aptos de abandonar el reto y tedio del análisis abstracto a cambio de la búsqueda de nuevas emociones, o resistir y retrasar la toma de decisiones requeridas para tomar acción cuando se requiere. Los convergentes, en cambio, son aptos para ignorar o estereotipar a los demás con tal de aplicar principios abstractos a la resolución de problemas. Lo primero frecuentemente se defiende contra la complejidad simbólica y conductual, mientras que lo último se defiende contra lo efectivo y perceptual. Los acomodadores y Asimiladores, similarmente, tienen sus*

*maneras de reducir y defenderse contra tipos de complejidades para los que están mal equipados para tratar”.*

La Teoría del Aprendizaje Experimental de Kolb, específicamente su ciclo de interacción entre los modos de adaptación de Experiencia Concreta (EC), Observación Reflexiva (OR), Conceptualización Abstracta (CA) y Experimentación Activa (EA), es la base teórica para el Sistema 4MAT de Betrice McCarthy.

## **2.4 El Sistema 4MAT**

Aún mientras McCarthy ha cambiado ligeramente la articulación de la teoría de Kolb para incorporar otras teorías y reflejar investigaciones más recientes, cada cambio fue una extensión; más que una divergencia, del postulado original de Kolb de que los individuos expanden sus procesos adaptativos ejercitándolos.

La mayoría de los psicólogos usa el término “personalidad” para describir el complejo entero de reacciones que distinguen a un individuo de otros. La personalidad se diferencia de “tipo” en que la persona trata con reacciones individuales, (o predisposiciones), hacia eventos específicos. De esta forma, las clasificaciones cognitivas o de tipos de aprendizaje como las pruebas de tipo de aprendizaje de McCarthy y el inventario de Estilos de Aprendizaje de Kolb, están, por su diseño, limitadas exclusivamente al aprendizaje.

Aplicando la teoría de Kolb, Betrice McCarthy demuestra que su modelo efectivamente orquesta un repertorio de conjuntos específicos de enseñanza/aprendizaje que equilibran las tensiones entre orientaciones concretas experimentales o conceptuales abstractas. La calidad y profundidad comprensivas de estos conjuntos de aprendizaje, especialmente sus articulaciones en lenguaje práctico, son las contribuciones de McCarthy a la expansión de la teoría de Kolb. El modelo de McCarthy también proporciona balance entre la observación reflexiva y la experimentación activa a través de variaciones especificadas en las interacciones maestro/estudiante. Aprender al validar modos preferidos de adaptación mientras se reducen los menos preferidos son los claros principios unificadores en los modelos de Kolb y McCarthy.

Existe una diferencia entre la teoría de Kolb y el modelo de McCarthy respecto a la forma en que se clasifican los estilos de aprendizaje. Para Kolb, los individuos se clasifican en uno de cuatro estilos de aprendizaje en base a cálculos matemáticos que



derivan de la puntuación individual en un instrumento de auto-reporte que mide preferencias para la percepción y el procesamiento. Este estilo se describe entonces en términos de conductas individuales. McCarthy enfatiza la naturaleza independiente, aunque interrelacionada, de los cuatro aspectos del estilo de Kolb. Ella describe un modo adaptativo sobresaliente, dos modos de soporte y el menos un modo preferente. Usando su Sistema 4MAT, McCarthy conduce la atención a los aspectos comunes en el aprendizaje que comparten los individuos, mientras que también indica la extensión a la que la conducta de los demás debe acomodarse.

De esta forma, McCarthy aplica los principios de Kolb para ayudar a los individuos a comparar su descripción compuesta a los requisitos de la tarea específica en cualquier esfuerzo, y luego tomar decisiones acerca de emplear sus modos preferidos mientras manejan o reducen los menos preferidos.

Por lo tanto, McCarthy resiste la tentación de clasificar a los aprendices en términos de un solo estilo. En el Sistema 4MAT, los aspectos clave son el nivel de diferenciación, (o preferencia), y yuxtaposición de cada uno de las cuatro formas contrastantes de Kolb de entender y actuar ante las circunstancias de la vida.

De igual forma, para McCarthy, cada una de las cuatro preferencias se considera separadamente gracias a su grado de dependencia en el procesamiento activo o reflexivo.

En esencia, McCarthy afirma que el estilo de aprendizaje individual es el grado al que los individuos diferencian y usan cada uno de los cuatro modos de conocimiento de Kolb. El estilo, para McCarthy, es la relación entre y más allá de estos modos tanto como lo es el más preferido.

Adicionalmente, cuando Kolb popularizó su Teoría del Aprendizaje Experimental, se sabía poco acerca de la influencia de la especificidad hemisférica del cerebro en la enseñanza, aprendizaje y desarrollo humano. La inclusión de la especificidad cerebral como otro determinante de diferencias individuales en el aprendizaje es una extensión más de McCarthy al modelo de Kolb. McCarthy ha trasladado una variación de hemisferio derecho e izquierdo en cada uno de los 4 estilos de Kolb. Nuevamente, estas adiciones no fueron una divergencia, sino una profundización del modelo de Kolb.

Tanto la Teoría del Aprendizaje Experimental de Kolb como el Sistema 4MAT de McCarthy apoyan las siguientes conclusiones:

1. Los individuos aprenden de formas diferentes, aunque identificables;

2. Las diferencias en estilos de aprendizaje, aunque claramente no relacionadas con la aptitud, están significativamente relacionadas con la motivación personal y el desempeño;
3. El aprendizaje es un proceso continuo, cíclico, de toda la vida, consistente en diferenciar e integrar modos personales de adaptación; y
4. Los aprendices expanden y refinan los modos adaptativos al ejercitarlos.

Para construir su Modelo 4MAT, McCarthy (McCarthy, 1985) adiciona al modelo de Kolb la hemisfericidad cerebral. Para McCarthy, *“podemos emplear deliberadamente técnicas de enseñanza para excitar el sistema cerebro-mente. Al marco teórico que utilizamos para esta excitación intencional del cerebro-mente le llamamos modalidades de aprendizaje.*

*Aunque hay una gran variedad de maneras para excitar el sistema cerebro-mente, hemos reducido la lista a los siguientes:*

*Simbólico / abstracto*

*Visual*

*Auditiva*

*Kinestésicos*

*Cada uno de estos se basa en la investigación de las neurociencias. La investigación apoya que el cerebro se excita en diferentes patrones en respuesta a diferentes “entradas fisiológicas”.*

Estas cuatro modalidades son claramente una lista abreviada, sin embargo, representan un conjunto básico para los educadores. Y aún más importante, su viabilidad de ser utilizado. Es posible dar sistemáticamente a los estudiantes experiencias dentro de estas cuatro modalidades, las investigaciones muestran que pueden dar lugar a excitación en grandes áreas del cerebro. McCarthy reconoce la importancia de una quinta modalidad llamada Sinérgica, que envuelve la combinación de las cuatro mencionadas anteriormente.

Al determinar que el cerebro humano procesa diversas experiencias en diferentes partes, se puede decir que ocurre lo mismo en el sistema mente-cerebro, al elegir diferentes formas de procesar experiencias. La suma total de formas en las que el sistema cerebro-mente percibe las experiencias, acoplado con la forma favorita que tiene el individuo de actuar en esa experiencia es lo que para McCarthy constituye el Estilo de Aprendizaje.

McCarthy retoma el esquema de Kolb (Fig. 1), agregando la información de las investigaciones sobre el cerebro dando como resultado el sistema 4MAT.

El sistema 4MAT combina las características mostradas en la Fig. 1, de forma que representa una combinación de preferencias. Esta combinación de preferencias resulta en un par de tendencias que describen cuatro cuadrantes. En el sistema 4MAT, cada uno de estos cuadrantes se convierte en un estilo de aprendizaje diferente. Cada cuadrante y su par de descriptores describen un conjunto de tendencias y preferencias que diferentes individuos pueden exhibir en sus intentos por aprender y enseñar.

Varios caminos pueden ser explorados en la descripción del sistema 4MAT. Uno de ellos es describe al sistema como una declaración personal acerca de cómo una persona ve que emerge el aprendizaje en su vida. Otra forma es describir el sistema 4MAT clínicamente en una tercera persona, hipotético alumno. Finalmente otra forma de abordar el sistema 4MAT sería la de invitar a un estudiante (o grupo de estudiantes) a tomar una decisión sobre una serie de tareas y ver qué pasa en cada uno de los cuatro cuadrantes.

Para McCarthy (McCarthy, 2006) el proceso continuo del sistema 4MAT se mueve desde la reflexión a la acción, la combinación de estas dos posibles elecciones en el individuo forma las diferencias individuales, a las cuales llama:

- Estudiantes Estilo 1
- Estudiantes Estilo 2
- Estudiantes Estilo 3
- Estudiantes Estilo 4

## **2.5 Ciclo de Aprendizaje en el Sistema 4MAT**

Para Gastelú (Gatelú, 2000), se deben de establecer las siguientes premisas para un ciclo de aprendizaje dentro del sistema 4MAT de McCarthy:

- Los seres humanos perciben la realidad y la información de diferentes maneras.
- Los seres humanos procesan la realidad y la información de diferentes formas.
- Las combinaciones formadas entre nuestros procesos personales de percepción y procesamiento crean nuestro propio y único estilo de aprendizaje.
- Se pueden identificar cuatro tipos principales de estilos de aprendizaje.

- Todos son igualmente valiosos.
- Los estudiantes necesitan sentirse cómodos con su propio estilo de aprendizaje.
- Los estudiantes del Tipo 1 necesitan principalmente en el significado personal. Los maestros necesitan crear una razón.
- Los estudiantes del Tipo 2 se interesan principalmente en los hechos, al guiar éstos a un entendimiento conceptual. Los maestros deben de presentarles hechos que profundicen el entendimiento.
- Los estudiantes del Tipo 3 se interesan principalmente en el funcionamiento de las cosas. Los maestros deben permitirles ensayarlas.
- Los estudiantes del Tipo 4 se interesan principalmente en descubrir las cosas por ellos mismos. Los maestros deben dejarles a ellos mismos enseñar a otros.
- Todos los estudiantes necesitan ser enseñados con los cuatro estilos o modos, para sentirse cómodos y exitosos una parte del tiempo mientras pueden desarrollar otras habilidades de aprendizaje.
- Todos los estudiantes “brillarán” en diferentes partes del ciclo de aprendizaje, por lo que aprenderán uno del otro.
- El sistema se mueve a través de un ciclo de aprendizaje secuencial, enseñando dentro de los cuatro estilos e incorporando las cuatro combinaciones de características.
- La secuencia es una programación natural y dinámica de aprendizaje.
- Cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje necesita ser impartido con las técnicas de procesamiento de información de hemisfericidad izquierda y derecha del cerebro.
- Los estudiantes que dominan el modo derecho se sentirán cómodos la mitad del tiempo y aprenderán a adaptarse durante la otra mitad.
- Los estudiantes que dominan el modo izquierdo se sentirán cómodos la mitad del tiempo y aprenderán a adaptarse durante la otra mitad.
- El desarrollo y la integración de los cuatro estilos de aprendizaje y el desarrollo y la integración de las habilidades de procesamiento del modo derecho e izquierdo del cerebro debe ser el objetivo primordial de la educación.
- Los estudiantes llegarán a aceptar sus fuerzas y aprenderán a materializarlas, mientras desarrollan un saludable respeto a la autenticidad de los demás, y

aumentaran su habilidad para aprender en modos alternativos sin tener la presión de equivocarse.

- Mientras más cómodos se encuentren consigo mismos, podrán aprender más libremente de los demás.

Para McCarthy (McCarthy, 2006) instructores de todos los niveles, en todos los ámbitos, en todos los entornos tanto formales como informales, necesitan comprender las diferencias entre los diferentes estilos para poder incluir este sistema en el diseño de sus propios ciclos de aprendizaje. De manera general, McCarthy resume las características de los cuatro estilos de la siguiente forma:

#### *Estudiantes del Estilo 1*

*Ellos perciben la información de manera concreta y la procesan reflexivamente. Buscan significado y claridad. Integran la experiencia con ellos mismos. Aprenden a través de escuchar, compartir ideas y personalizar la información. Son personas imaginativas que creen en su propia experiencia. Sobresalen en visualizar la experiencia desde varias perspectivas. Son perspicaces. Trabajan para tener armonía. Necesitan involucrarse personalmente y buscan compromiso. Crean culturas de apoyo y son grandes tutores. Demuestran interés por la gente. Absorben la realidad: toman la cultura. Mejoran al tomarse el tiempo necesario para desarrollar buenas ideas. Solucionan los problemas reflexionando ellos solos y después compartiéndolos con otras personas. Ejercitan la autoridad por medio de la participación en grupo. Construyen la realidad a través de interacciones personales.*

*Como profesores ellos:*

- *Se interesan en facilitar el crecimiento individual,*
- *Tratan de ayudar a que la gente adquiera confianza,*
- *Crean que el conocimiento debe realzar la autenticidad,*
- *Crean que el conocimiento aumenta las perspectivas personales,*
- *Alientan la autenticidad en las personas,*
- *Gustan de las discusiones, trabajo en equipo, y retroalimentación realista acerca de los sentimientos,*
- *Son gente cuidadosa que busca que la gente se comprometa en un esfuerzo cooperativo,*

- *Están conscientes de las fuerzas sociales que afectan el desarrollo humano,*
- *Son capaces de comprometerse con metas significativas,*
- *Tienden a volverse temerosos bajo presión y a veces carecen de atrevimiento.*

**FUERZA:** Innovación e Ideas.

**FUNCIONAN POR:** La aclaración de valores.

**METAS:** Involucrarse en asuntos importantes y traer armonía.

**PREGUNTA FAVORITA:** ¿POR QUÉ?

*Estudiantes Estilo 2*

*Perciben la información de manera abstracta y la procesan reflexivamente. Buscan alcanzar sus metas y efectividad personal. Forman teorías y conceptos al integrar sus observaciones con lo que ya se sabe. Son estudiantes impacientes que piensan a través de ideas. Son perfeccionistas y laboriosos. Sobresalen en los ambientes de aprendizaje tradicionales porque las formas de exposición y lectura se acoplan bien a ellos. Son excelentes en los detalles y el pensamiento secuencial. Re-examinarán los hechos si las situaciones los dejan perplejos. Trabajan hacia metas bien definidas. Necesitan la continuidad y certeza y no se sienten cómodos con juicios subjetivos. Les interesa saber cómo funcionan los sistemas. Forman la realidad: crean estructuras. Mejoran cuando asimilan hechos dispersos hacia teorías coherentes. Enfrentan los problemas con raciocinio y lógica. Ejercitan autoridad con principios y procedimientos. Construyen la confianza sabiendo los hechos y haciendo su trabajo.*

*Como maestros ellos:*

- *Se interesan en transmitir la sabiduría.*
- *Tratan de ser tan certeros como sea posible.*
- *Creer que la información debe de ser presentada sistemáticamente.*
- *Ven la sabiduría como profunda comprensión.*
- *Alientan a alumnos sobresalientes.*
- *Les gustan los hechos y detalles, así como el pensamiento secuencial y organizacional.*
- *Son maestros tradicionales que tratan de impregnar sabiduría y exactitud.*
- *Creer en el uso tradicional de la autoridad.*

- *Tratan de desprestigiar la creatividad con una actividad dominante.*

**FUERZA:** Crear conceptos y modelos.

**FUNCIONAN POR:** Pensar las cosas.

**METAS:** Reconocimiento intelectual.

**PREGUNTA FAVORITA:** ¿QUÉ?

### *Estudiantes Estilo 3*

*Perciben la información de manera abstracta y la procesan activamente. Buscan utilidad y resultados. Aprenden al probar teorías. Son pragmáticos: creen que “si funciona, úsalo”. Sobresalen en aterrizar los problemas. Son gente con sentido común que no se pone de pie en las ceremonias. Tienen una tolerancia limitada hacia las ideas ambiguas. Experimentan y juegan con las cosas. Necesitan saber cómo funcionan las cosas. Crean culturas sólidas y productivas. Se muestran abiertos al encontrarse en conflicto. Editan la realidad. Van directamente al corazón de las cosas. Se desarrollan sobre planes y líneas de tiempo. Atacan los problemas actuando (regularmente sin consultar a los demás). Ejercitan la autoridad por medio de la recompensa y el castigo. Construyen la confianza con fuerza personal.*

*Como maestros ellos:*

- *Se interesan en la productividad y en la competencia.*
- *Tratan de dar a los estudiantes las habilidades que necesitarán en la vida.*
- *Creen que la información debe ser utilizada para la competencia y le encuentran un uso económico.*
- *Alientan las aplicaciones prácticas.*
- *Les gusta utilizar habilidades técnicas y actividades manuales.*
- *Ven el conocimiento como algo que permite que los estudiantes sean capaces de crear su propio camino.*
- *Creen que la mejor forma está determinada científicamente.*
- *Utilizan incentivos.*
- *Tienden a ser inflexibles y egoístas.*
- *Carecen de habilidades para trabajar en grupo.*

**FUERZA:** Aplicación práctica de ideas.

**FUNCIONAN POR:** Información veraz obtenida de la experiencia manual y kinestética.

**METAS:** Poner su visión del presente en línea con una seguridad futura.

**PREGUNTA FAVORITA:** ¿CÓMO FUNCIONA ESTO?

*Estudiantes Estilo 3*

*Perciben la información concretamente y la procesan activamente. Buscan influenciar a los demás. Aprenden por medio de práctica y error. Crean en el descubrimiento personal. Sobresalen manejando el cambio. Son flexibles y adaptables. Les gusta correr riesgos y conviven con todo tipo de gente. Frecuentemente obtienen conclusiones en ausencia de una justificación lógica. Crean culturas informales y excitantes. Alientan a las personas a que piensen por sí mismas. Demuestran apertura hacia nuevas ideas y tienen una gran habilidad de percibir direcciones nuevas y alternativas. Enriquecen la realidad: agregan sus propias ideas a lo que ya es. Superan los retos y crisis. Solucionan los problemas intuyendo nuevas posibilidades. Ejercen autoridad demandando que la gente viva conforme a su potencial. Construyen la confianza al ser auténticos.*

*Como profesores, ellos:*

- *Se interesan en ayudar al descubrimiento personal del estudiante.*
- *Tratan de ayudar a que la gente actúe de acuerdo a sus visiones.*
- *Crean que la información debe ser utilizada en los intereses e inclinaciones del estudiante.*
- *Ven el conocimiento como un elemento necesario para mejorar la sociedad.*
- *Alientan el aprendizaje por medio de la experiencia.*
- *Les gusta la variedad de métodos de enseñanza.*
- *Son maestros dramáticos que buscan vitalizar a sus aprendices.*
- *Se acercan a crear nuevas formas, a estimular la vida.*
- *Son capaces de trazarse nuevas fronteras.*
- *Tienden a desesperarse y a la manipulación*

**FUERZA:** Acción, terminar las cosas.

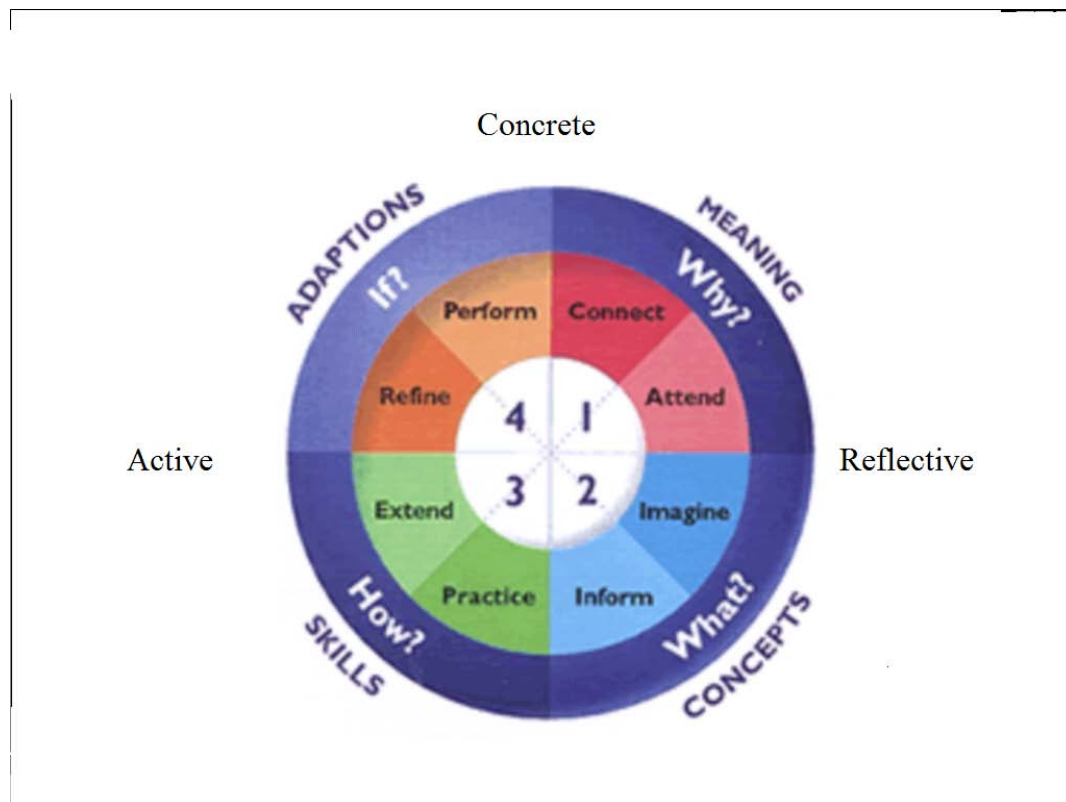
**FUNCIONAN POR:** Actuar y probar la experiencia.



**METAS:** Materializar las ideas.

**PREGUNTA FAVORITA:** ¿QUÉ SUCEDE SI...?

Este ciclo propuesta ha sido utilizado por diversos autores como se muestra en las siguientes figuras (Fig.2-4):



**Figura 2. Propuesta del ciclo de aprendizaje dentro del Sistema 4MAT.**

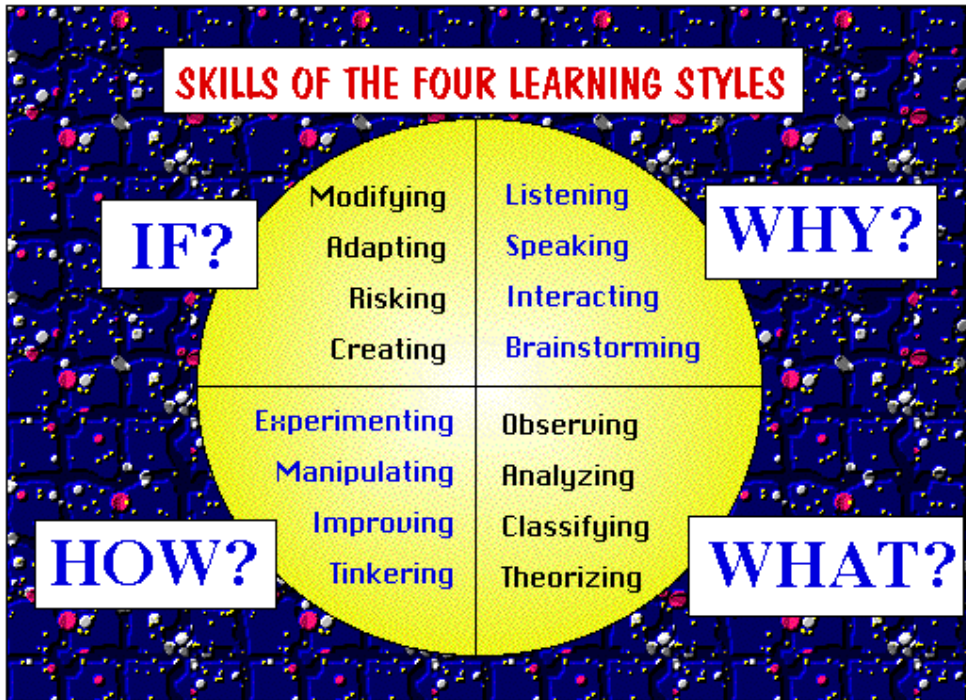


Figura 3. Propuesta del ciclo de aprendizaje dentro del Sistema 4MAT.

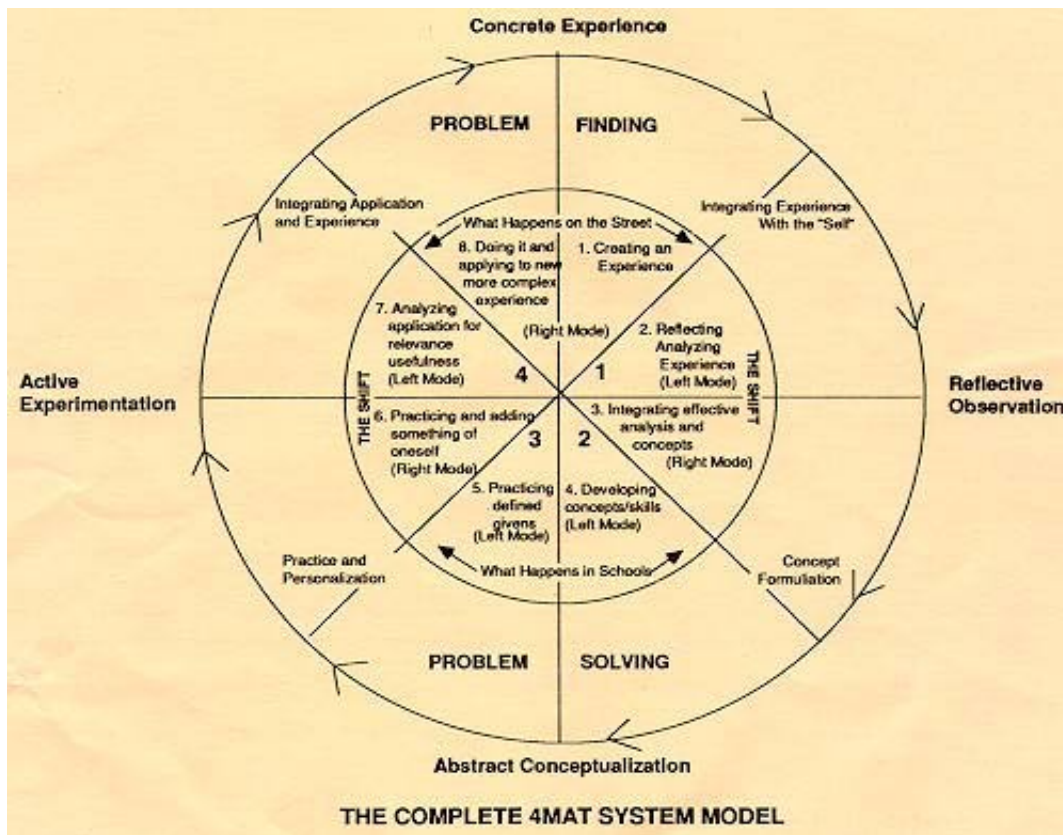


Figura 4. Propuesta del ciclo de aprendizaje dentro del Sistema 4MAT.

## 2.6 La Hemisfericidad Cerebral

Como se mencionó en la sección anterior, el ciclo de aprendizaje planteado por McCarthy en el sistema 4MAT complementa las ideas de Kolb al incorporar las investigaciones sobre el cerebro. Los diversos investigadores e instructores que utilizan el Sistema 4MAT han incorporado la hemisfericidad cerebral en sus propuestas instruccionales como se ve de las figuras 2, 3 y 4. Existen diversos conceptos de hemisfericidad cerebral, Gastelú (Gastelú, 2000), reporta 3 premisas importantes:

1. *Los procesos del Modo Izquierdo y Derecho son diferentes.*
2. *Los individuos prefieren acercamientos diferentes al aprendizaje a lo largo de un continuo entre el hemisferio derecho e izquierdo.*
3. *Ambos tipos de hemisfericidad son igualmente valiosos.*

Algunas de las características al percibir y procesar la información de acuerdo al hemisferio de que se trate son las siguientes:

<b>Modo izquierdo</b>		<b>Modo derecho</b>
Verbal	vs.	Visual/Espacial
Definido, Nombrado, Clasificador	vs.	Experimental/Contextual
Pasivo, Receptor	vs.	Interactivo
Inmovilidad, Situación	vs.	Kinestético
Lineal	vs.	Circular
Racional	vs.	Intuitivo

Las investigaciones sobre las funciones del hemisferio derecho e izquierdo del cerebro comenzaron con el Dr. Roger Sperry (2) en los años 50. El Dr. Sperry condujo una serie de estudios en animales en el cual el cuerpo calloso que une los dos hemisferios del cerebro fue roto. Este cuerpo calloso está compuesto de 200 millones de fibras y provee una trayectoria rápida para los recuerdos y el aprendizaje entre los dos hemisferios, de la misma manera es el mayor conjunto de fibras nerviosas en el cuerpo humano localizadas en un solo lugar. El Dr. Sperry a partir de estudios en cerebros de monos, perros y gatos, estudió ampliamente la ruptura entre las conexiones, sus resultados fueron sorprendentes. No hubo cambios en su comportamiento. Sus hábitos y coordinación permanecieron sin cambio después de la cirugía. Sin embargo, cuando los animales fueron entrenados para tareas específicas se encontró que parecían tener dos

mentes independientes, cada una con sus propios reconocimientos, recuerdos y sistemas de decisión.

En la década de los 60's, operaciones similares fueron realizadas en pacientes humanos. Estos pacientes sufrían de epilepsia intratable, cuyas convulsiones iban por el cuerpo caloso de un hemisferio a otro al menos 40 veces en un día. Después de operar los ataques fueron controlados, lo cual demostraba que el cerebro puede procesar de manera independiente por hemisferio.

A partir de entonces se establecieron las tres premisas mencionadas anteriormente. Se mostró que los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro procesan la información y las experiencias de manera diferente. McCarthy (McCarthy, 2006) enlista una serie de características para cada hemisferio:

<i>Hemisferio Izquierdo</i>	<i>Hemisferio Derecho</i>
<i>Situaciones Verbales</i>	<i>Situaciones visuales-espaciales</i>
<i>Secuencial</i>	<i>Patrones aleatorios</i>
<i>Ve “los árboles”</i>	<i>Ve “el bosque”</i>
<i>Le gusta la estructura</i>	<i>Fluido y espontáneo</i>

Sin embargo, no hay que perder de vista que ambos hemisferios trabajan juntos en la adquisición del conocimiento. El conocimiento no está fragmentado, es coherente y total. El cómo recordamos las cosas que aprendemos depende de lo bien que participan ambos hemisferios.

En general se podría decir que el hemisferio izquierdo piensa con palabras y números, mientras que el derecho piensa visualmente, en ilustraciones e imágenes en un espacio tridimensional. Se está más interesado en la forma en que esos dos modos de pensamiento interactúan entre sí que en sus dominios físicos exclusivos.

Investigaciones acerca de la posible conexión entre la creatividad y las funciones de los dos hemisferios han demostrado que algunos individuos creativos tienen la habilidad de balancear, y alternar, los hemisferios derecho e izquierdo. La alternancia entre los dos modos de conocimiento es claramente mostrada en descripciones del proceso creativo hechas por Einstein y otros (West, 1991).

El sistema límbico activa funciones emocionales y el tronco cerebral activa funciones de supervivencia, estas funciones están soportadas por actividades de los cuadrantes 1 y 4 (McCarthy, 1985). En otras palabras, las experiencias tratan de lograr un equilibrio

entre su interiorización y la toma de decisión para actuar, en el sistema 4MAT, los cuadrantes 1 y 4 estimulan la participación del sistema mente-cerebro de una forma consciente y activa.

Actualmente la educación no presta suficiente atención a desarrollar estos ámbitos de aprendizaje, en particular la educación en ciencia tiende a hacer caso omiso de ellos.

Investigaciones recientes sobre el sistema límbico demuestran la conexión existente entre los cuadrantes 1 y 4, y las funciones del sistema límbico. En particular, hay un cuerpo creciente de información que apoya el hecho de que virtualmente todas las decisiones se hacen en esta área del cerebro. Una persona no puede proceder hacia un aprendizaje positivo si no está a gusto y libre de temor. Cualquier proceso relativo a las funciones corticales están por lo tanto supervisados por el sistema límbico. Si no hay una sensación de confort y un balance entre actitudes, creencias, emociones y valores, entonces la corteza no permite un libre acceso para el proceso de toma de decisiones.

El sistema 4MAT se mueve a través de un ciclo de aprendizaje en secuencia, enseñando en los 4 estilos e incorporando características de todos. La secuencia del ciclo es una progresión natural de aprendizaje.

Cada uno de los cuatro estilos necesita técnicas de procesamiento tanto para el hemisferio derecho como para el izquierdo. Los estudiantes con modo dominante izquierdo estarán cómodos la mitad del tiempo, y aprenderán adaptándose la otra mitad del tiempo, de manera análoga sucede con los estudiantes con modo dominante derecho. El desarrollo e integración de los cuatro estilos de aprendizaje y el desarrollo e integración tanto de los procesos cerebrales tanto izquierdo como derecho a través de las modalidades de aprendizaje debe ser la mayor meta de la educación.

Con el sistema 4MAT los estudiantes llegan a aceptar sus puntos fuertes y aprenden a sacar provecho de ellos, mientras que desarrollan de un sano respeto por la singularidad de los demás, y fomentan su capacidad de aprender en modos alternativos, sin la presión de "estar mal".

## 2.7 Cómo enseñar ciencias a partir del Sistema 4MAT

Tanto el maestro como el estudiante comparten experiencias cuando las modalidades de aprendizaje y los estilos de aprendizaje son utilizados (McCarthy, 1985). En algunas ocasiones los maestros guían el aprendizaje de forma que parecen ajenos a este. Cuando siguen el sistema 4MAT, algunos maestros (en particular de ciencias) encuentran las tareas sugeridas como inusuales y hasta inútiles. Un ejemplo de lo anterior sería la recomendación de usar más la imaginación para guiar la enseñanza cuando enseñan las leyes de movimiento en física.

Para algunos maestros de física es muy cuestionable pedir a los estudiantes sentarse, relajarse y cerrar los ojos, entonces que el mismo maestro pida a los estudiantes hablando despacio y con voz modulada, que traten de visualizar cosas en movimiento en el espacio y chocando unas con otras. Los maestros lo ven como una pérdida de tiempo, así como también pedir a los estudiantes que formulen las leyes de movimiento a partir de cómo los afectan en su vida diaria.

Para McCarthy (McCarthy, 1985), después de analizar la experiencia de cientos de maestros, se confirma que el significado personal y la imaginación mejoran el aprendizaje y son vitales para acercar a la mitad de los estudiantes al aprendizaje.

La experiencia al trabajar con profesores de ciencias (McCarthy, 1985) (Ramírez, 2004), muestra que frecuentemente el estilo de aprendizaje personal de los profesores discrepa de su estilo de enseñanza. La mayoría de los profesores enseñan en la forma en que fueron educados. Al conocer el sistema 4MAT les resulta revelador a muchos maestros ya que descubren una multitud de opciones que tienen respecto a su enseñanza. Estos mismos profesores, han experimentado la posibilidad de crecimiento personal al utilizar el ciclo de aprendizaje al capitalizar los cuatro estilos de aprendizaje en beneficio de sus estudiantes, al crecer los profesores crecen los estudiantes.

McCarthy (McCarthy, 1985) reporta que los estudiantes tienen reacciones interesantes con el sistema 4MAT, esto debido a que la secuencia de tareas en el 4MAT son rara vez utilizadas en la instrucción estándar. La enseñanza de las ciencias se ha estereotipado como precisa y exacta. Por lo tanto, el cambio es difícil para muchos estudiantes, especialmente se va incrementando esta dificultad conforme el estudiante corresponde a un grado más alto de escolaridad. En una prueba con estudiantes de nivel bachillerato (McCarthy, 1985) McCarthy reporta que al pedirles que cerraran los ojos e imaginaran a un hombre ciencia trabajando y lo describieran, los estudiantes empezaron por reportar

a un hombre y blanco. La visualización de su trabajo era rodeados de aparatos de química y microscopios, raramente los vieron como alguien que trabaje en “exteriores”. Con la visión anterior muchos estudiantes pueden tener problemas con acceder a una visión más completa de la ciencia, como puede ser, la visión de un científico buscando patrones que provean significado personal a los procesos de descubrimiento (Estilo 1). Sin esta visión amplia puede que nunca descubran la estética de crear orden de los científicos Estilo 2. Pueden perder los detalles metodológicos de los científicos Estilo 3, quien prueba las abstracciones para aterrizarlas a la realidad. Finalmente, una perspectiva estrecha de la ciencia puede no abrir la puerta del laboratorio y permitir que el conocimiento estructurado alcance a la vida diaria, que es el compromiso de los científicos Estilo 4.

Cuando la ciencia se experimenta fuera de los estereotipos, existen un gran rango de sentimientos y emociones en el proceso.

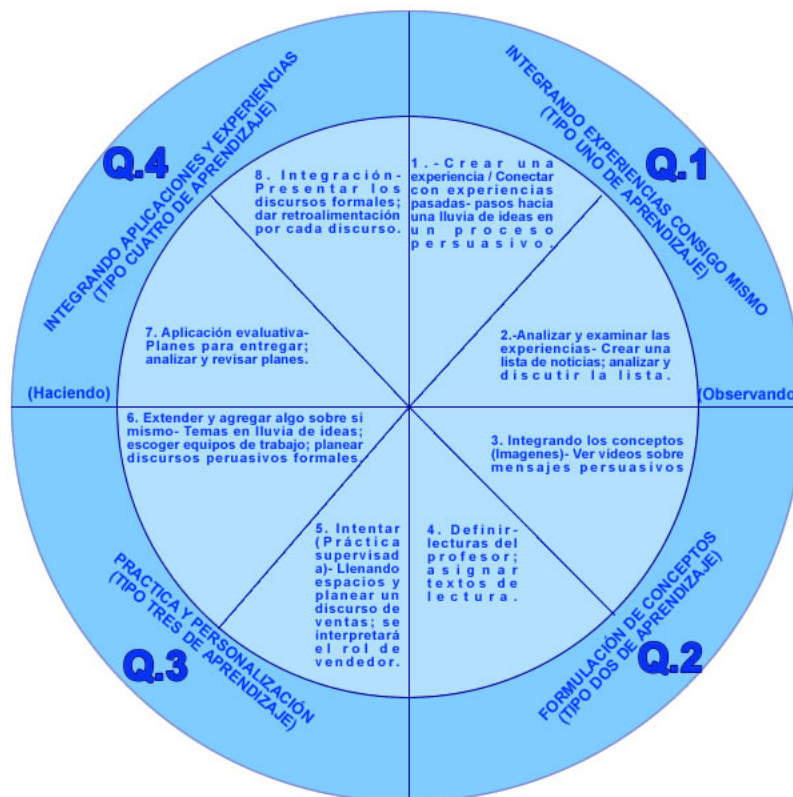


Figura. 5 Ciclo de Aprendizaje en el Sistema 4MAT.

## 3 Aplicación del sistema 4MAT

### 3.1 Diseño de Estrategias en un Ciclo de Aprendizaje

#### 3.1.1 Aplicación de teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de la física a nivel universitario.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, existen investigaciones donde se aplican las diferentes teorías de estilos de aprendizaje para la enseñanza de la física (McCarthy, 1985), (Bowers, 1987), (Larkin, 2003), (Larkin-Hein, 2001).

Larkin (Larkin-Hein, 2001), utiliza el sistema de estilos de aprendizaje de Dunn y Dunn (Dunn, 1979), probándolo en estudiantes de cursos introductorios de física en la American University en Washington D. C. En su estudio, Larkin emplea una encuesta sobre la productividad en el medio ambiente de preferencia<sup>5</sup>, este instrumento le permite dividir a los estudiantes en tres categorías de acuerdo a sus preferencias instruccionales. La división permite estudiar las reacciones de los estudiantes en de los diferentes grupos en las diversas estrategias diseñadas para el curso de física. Larkin diseña estrategias dirigidas a estimular a los diferentes grupos en función de sus preferencias instruccionales, introduciendo TIC's (todo lo anterior basado en la Teoría de Dunn y Dunn). Las actividades diseñadas por Larkin se pueden resumir en dos grandes tipos: La creación de un "portafolio" de actividades, que permitió conocer el avance de los estudiantes en relación a los conceptos errados o desviados (los llamados "*misconceptions*") y por otro lado el realizar conversaciones en línea con los estudiantes, tanto con el profesor como en grupo, para conocer de primera mano las reacciones de los estudiantes. Para Larkin, el introducir estilos de aprendizaje en el diseño de sus estrategias le permite tanto al estudiante como al instructor una alternativa a la instrucción tradicional. Sin embargo, se hace énfasis en el hecho de que el uso de estilos de aprendizaje es una herramienta más en la enseñanza de la física y que vienen a complementar, no a sustituir, los cursos formales de física.

Por su parte, Bowers (Bowers, 1987) introduce el Sistema 4MAT de McCarthy para estudiar los logros y actitudes en la ciencia, en particular en la física. Este estudio se

---

<sup>5</sup> Como se vio en el segundo capítulo de este trabajo, el Sistema de Dunn y Dunn pertenece, al igual que el de McCarthy y el de Kolb, al segundo estrato de la "cebolla" de Curry, es decir es un sistema basado en las preferencias instruccionales de los estudiantes.



llevo a cabo en escuelas de bachillerato de Chapel Hill, Carolina, entre estudiantes de sexto grado, divididos en dos grupos, uno con instrucción tradicional como control, y otro con estrategias de aprendizaje basadas en el Sistema 4MAT. En su estudio, Bowers se basa en el estudio de una unidad del curso de física (en su caso, leyes de movimiento), para estudiar las posibles ventajas del Sistema 4MAT sobre la instrucción tradicional, sobre todo en lo referente a las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia. Para realizar su estudio, realizó pruebas tanto previas (pretest) como posteriores (postest), al grupo de control y al grupo de estudio, en las cuáles se enfatizaban la comprensión, conocimiento y espíritu crítico con respecto a la ciencia por parte de los estudiantes. La instrucción al grupo de control se restringió a clases tradicionales por parte del profesor y libro de texto, mientras que al grupo de estudio se le instruyó utilizando el ciclo de aprendizaje propuesto por McCarthy en el Sistema 4MAT (Ciclo que se presentó en la figura 2.1 del capítulo anterior). En los resultados y conclusiones de su estudio, Bowers muestra que los estudiantes instruidos con el 4MAT, tuvieron una actitud más crítica que los estudiantes del grupo de control con instrucción tradicional. Por otro lado, también muestra que en relación al grado de conocimiento, este no varía significativamente entre uno y otro grupo de estudiantes.

Estos dos estudios, muestran la importancia de estudiar la introducción de las teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de la física. En este trabajo se eligió trabajar con el Sistema 4MAT de McCarthy, ya que además de contener las teorías psicológicas de Kolb de estilos de aprendizaje, incluye los estudios recientes del funcionamiento del cerebro para procesar la información en su hemisferios.

Para McCarthy (McCarthy, 1985), encarar el hecho de que en los próximos años el 99% de los científicos que han existido estén vivos implica un gran reto. Señala que para encarar este reto, el aprendizaje para toda la vida es una buena opción, y en ese sentido el Sistema 4MAT es una gran herramienta, dado que al enfatizar el carácter personal del aprendizaje en función del propio estilo de aprendizaje, permite una mayor elección de alternativas de cómo adquirir y procesar la información de diferentes fuentes, logrando con ello, individuos con un mayor porcentaje de éxito en la adquisición de conocimiento. Como se señaló en el capítulo anterior, McCarthy da en su sistema tal importancia a la ciencia, que propone un ciclo de aprendizaje para la enseñanza de las leyes de movimiento de Newton, que como se señaló anteriormente, Bowers retomó para su estudio.

McCarthy, proporciona una guía de ocho pasos para la construcción general de ciclos de aprendizaje orientados hacia la ciencia<sup>6</sup> (McCarthy, 1985):

### ***Paso Uno***

*En el primer cuadrante nos esforzamos por revelar el significado detrás del aprendizaje. Se debe abordar mutuamente entre instructor y estudiantes la pregunta ¿Por qué?*

*El modo derecho del cuadrante se compromete a crear una experiencia concreta relacionada al concepto. Introducir una experiencia con sentido para que los estudiantes sean capaces de ver las conexiones con su propia experiencia.*

### ***Paso Dos***

*El modo izquierdo refleja aspectos de la experiencia en la calidad del análisis. Ahora los estudiantes examinan la experiencia. El método es el debate, que es el método en el primer cuadrante, pero el enfoque ha cambiado.*

### ***Paso Tres***

*El modo derecho del cuadrante dos intenta profundizar en la reflexión, con el objetivo de ordenar y formalizar el concepto.*

*Se debe de buscar otro medio, otra forma de ver algo que involucra los sentidos y al mismo tiempo ofrezcan la oportunidad de más reflexión. Recuerde que se están moviendo a los estudiantes a partir de lo concreto a lo abstracto, reflexivo y de observación es la puerta de entrada. ¿Quieres crear una actividad que les induce a reflexionar sobre la experiencia y el análisis que acaba de finalizar en un cuadrante, y presta asistencia en la formulación y profundizar su comprensión del concepto?*

### ***Paso Cuatro***

*El modo izquierdo del cuadrante dos tiene a los estudiantes en el centro de la información conceptual.*

*Es en este paso que la formalidad del concepto organiza la experiencia validada. Aquí es donde el alumno dispondrá de la información relacionada con el concepto a fin de comprenderlo en las maneras convencionales. No estamos interesados en memorizar, la*

---

<sup>6</sup> Esta guía se utilizará en la siguiente sección para la construcción del ciclo de aprendizaje de trabajo para esta investigación.

*antítesis del pensamiento. Estamos subrayando que la información está relacionada con el núcleo del concepto.*

### ***Paso Cinco***

*En el modo izquierdo del enfoque, el estudiante reacciona a los datos. Hacen hojas de trabajo, libros de texto, etc. Estos materiales se utilizan para reforzar el concepto y las habilidades enseñadas en el cuadrante dos.*

### ***Paso Seis***

*El paso seis es el pensamiento activo. Se trata de aprender haciendo, y su esencia es la solución de problemas.*

### ***Paso Siete***

*Este es el paso donde los estudiantes se les pide analizar lo que han planeado como prueba de su aprendizaje.*

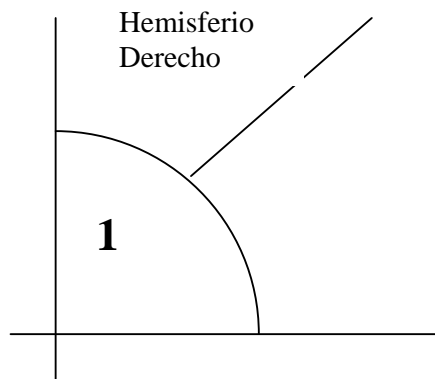
*Aquí los estudiantes están obligados a organizar y sintetizar lo que han aprendido en alguna forma personal. Esta es el gran final del modo izquierdo en este viaje de concepto de unidad. Como este paso cierra, deben tener un sentido acumulativo de la exploración a través de todos los pasos anteriores.*

### ***Paso Ocho***

*El último paso de la unidad, el paso ocho es cuando los estudiantes comparten lo que han aprendido con los demás.*

*Se les alienta a asumir la responsabilidad de hacer su propio sentido de lo que han aprendido para su aplicación en la vida. La culminación de este paso es extender el sentido de haber aprendido el concepto para su aplicación en la vida.*

Gráficamente, muestra las siguientes sugerencias:



### **Paso Uno**

Inmersión en una experiencia  
Cuadrante Uno. Alumnos con hemisferio derecho más cómodo.

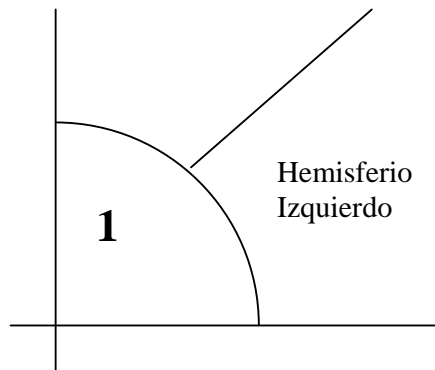
Papel del Profesor: Motivador

Método: Discusión

Pregunta para ser respondida:

¿Por qué?

"Ayuda a establecer una razón".



### **Paso Dos**

Reflexionando sobre la experiencia

Cuadrante Uno. Alumnos con hemisferio izquierdo más cómodo.

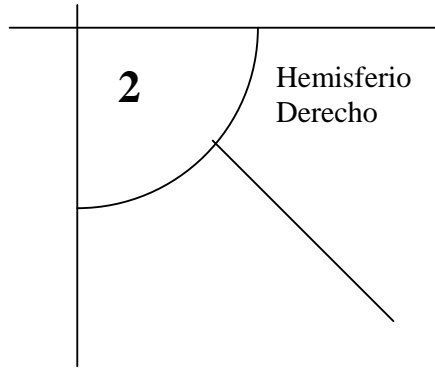
Papel del Profesor: Testigo

Método: Discusión

Pregunta para ser respondida:

¿Por qué?

"Ayuda a clarificar razones".



### **Paso Tres**

Integrando observaciones dentro de los conceptos Cuadrante Dos. Alumnos con hemisferio derecho más cómodo.

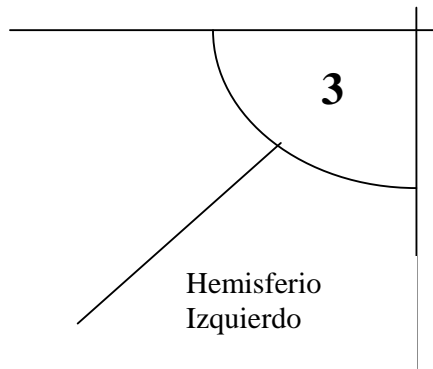
Papel del Profesor: Maestro

Método: Informativo

Pregunta para ser respondida:

¿Qué?

"Enseñarles".



### **Paso Cinco**

Trabajando sobre los conceptos definidos (Refuerzo y manipulación)

Cuadrante Tres. Alumnos con hemisferio izquierdo más cómodo.

Papel del Profesor:

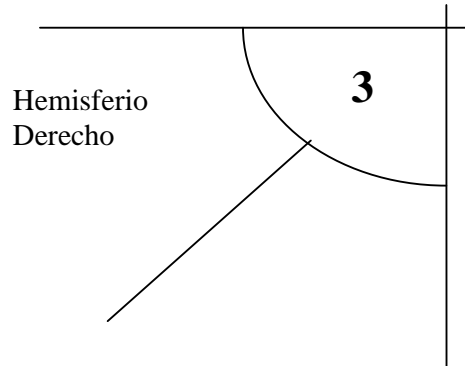
Entrenador

Método: Facilitación

Pregunta para ser respondida:

¿Cómo trabaja?

"Déjalos tratar".



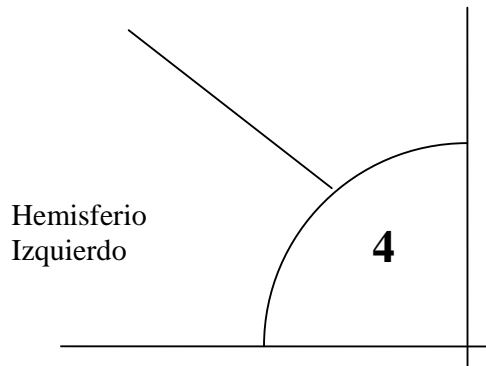
### **Paso Seis**

Añadiendo algo por si mismos  
Cuadrante Tres. Alumnos con  
hemisferio derecho más  
cómodo.

Papel del Profesor:  
Entrenador

Método: Facilitación

Pregunta para ser respondida:  
¿Cómo trabaja?  
"Déjalos tratar".



### **Paso Siete**

Evaluando y sintetizando para  
usar o aplicar.

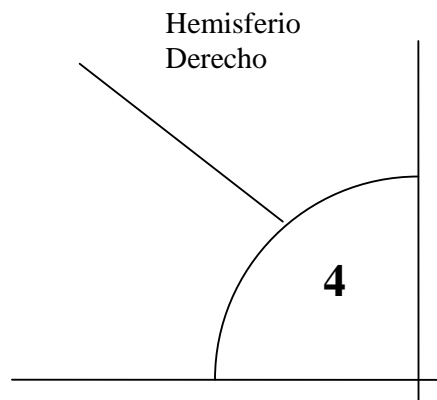
Cuadrante Cuatro. Alumnos  
con hemisferio izquierdo más  
cómodo.

Papel del Profesor:  
Evaluador/Remediador.

Método: Autodescubrimiento

Pregunta para ser respondida:  
Si todo esto encaja, ¿Qué  
significa?

"Que se enseñen a sí mismos  
y a los demás".



### **Paso Ocho**

Haciéndolo por ellos mismos y mostrar lo que hacen a otros.

Cuadrante Cuatro. Alumnos con hemisferio izquierdo más cómodo.

Papel del Profesor:

Evaluador/Remediador.

Método: Autodescubrimiento

Pregunta para ser respondida:

¿Cómo puedo aplicar esto?

¿En qué se puede convertir esto?

"Que se enseñen a si mismos

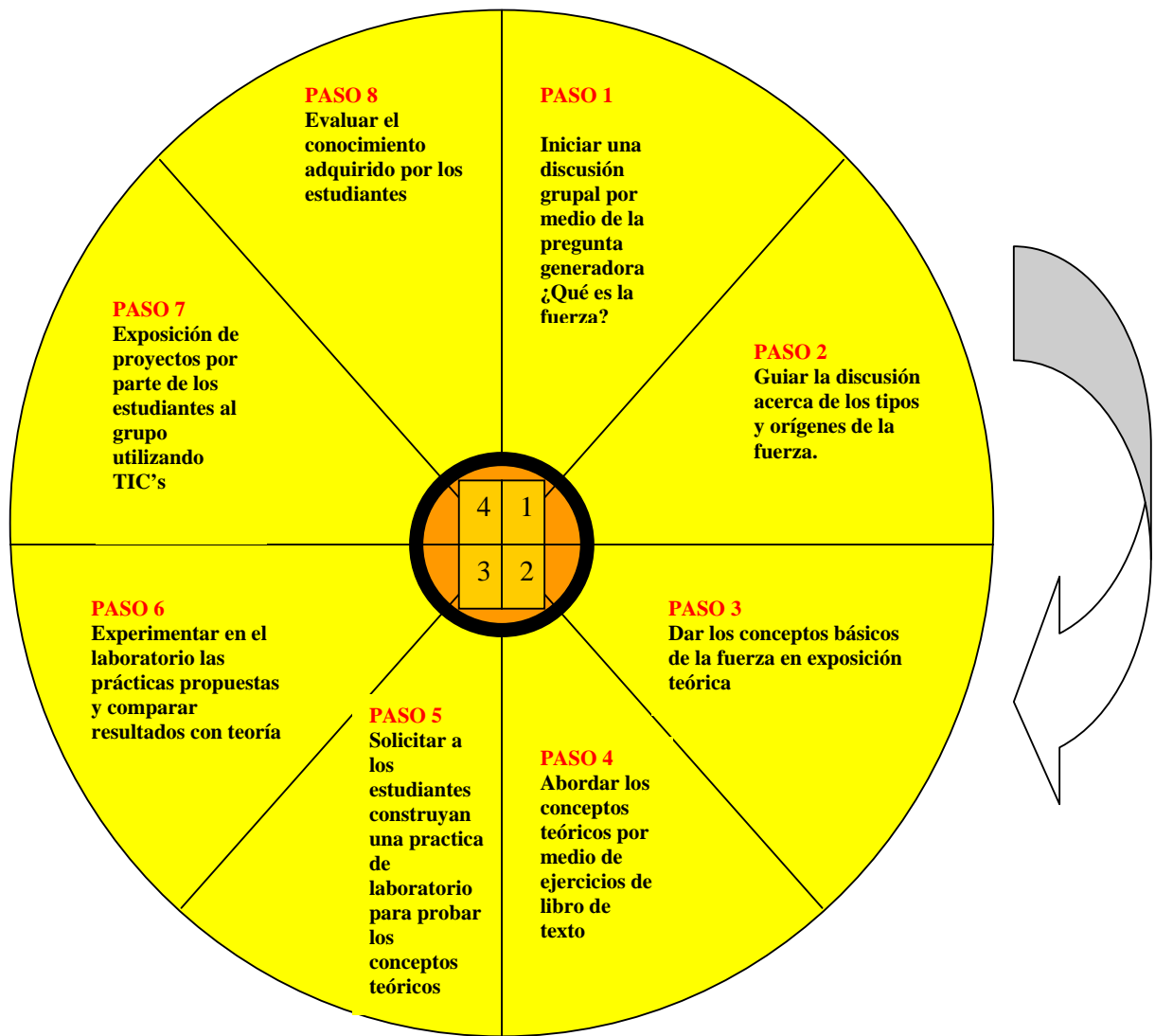
Utilizando estas sugerencias, se diseña una propuesta de ciclo de aprendizaje para la enseñanza de la física a nivel universitario que se muestra en la siguiente sección.

### **3.1.2 Propuesta de ciclo de aprendizaje en el sistema 4MAT para enseñanza de física a nivel universitario.**

A partir del trabajo de Bowers (Bowers, 1987) se mostró que el Sistema 4MAT se puede aplicar a la enseñanza de la física a nivel bachillerato como se mostró en la sección anterior. Por otro lado, Larkin (Larkin-Hein, 2001) utilizó las teorías de estilos de aprendizaje para la enseñanza de la física a nivel universitario, en este caso utilizando el sistema de Dunn y Dunn (similar al Sistema 4MAT como se mostró en el capítulo 2). Con estos dos antecedentes es posible plantear la posibilidad de introducir el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario. Sin embargo, la introducción por si misma del Sistema 4MAT no es lo más importante para la enseñanza de la física, ya que no ofrece una guía para los instructores. La guía se logra al construir un ciclo de aprendizaje (McCarthy, 2006).

Para este trabajo, se introduce el Sistema 4MAT para la enseñanza de la física a nivel universitario, para tal efecto se eligió construir como muestra un ciclo de aprendizaje para la enseñanza del tema de Fuerza, esto al ser un tema básico en todos los programas de física a nivel universitario. Para la construcción de este ciclo, se sigue la guía dada

por McCarthy mostrada en la sección anterior. Los ocho pasos se muestran gráficamente en el siguiente ciclo:



**Figura 3.1 Ciclo de Aprendizaje para la Enseñanza del tema Fuerza.**

El ciclo que se propone está diseñado de manera general (tal como lo plantea McCarthy), sin embargo, el ciclo es susceptible de adaptarse al programa en el cuál se pretenda implementar. Cada una de las actividades señaladas en los ocho pasos puede variar en tiempo y profundidad dependiendo del programa. Este ciclo se propuso implementar para su estudio y análisis en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, en la Ciudad de México, en la secciones siguientes se da la



justificación de la aplicación en esta escuela, así como también se describen los detalles precisos de la aplicación.

### **3.2 Programa de Física a nivel universitario (Caso ESCOM-IPN)**

La enseñanza de las ciencias es una de las fortalezas del Instituto Politécnico Nacional plasmada en su modelo educativo (IPN, 2004). Dentro del área de ciencias físico-matemáticas, los programas de ingeniería en el IPN hacen especial énfasis en la enseñanza de la física. Sin embargo, en la gran diversidad de planes y programas de ingeniería no existe uniformidad en los programas de física. No obstante, existen similitudes en los temas generales a impartir por la gran mayoría de los programas de física de las ingenierías del IPN.

Un caso particular, que es representativo de los programas de física en las ingenierías del IPN, es el programa de física de la Ingeniería en Sistemas Computacionales que se imparte en la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM) (Anexo 1). Este programa se divide en tres unidades principales:

- **Unidad I. - Dinámica y principios de conservación.**
- **Unidad II.- Interacciones eléctricas.**
- **Unidad III.- Interacciones Magnéticas.**

Este programa es de reciente reestructuración, se modificó a su estado actual en el año 2004, y presenta como datos generales los siguientes:

**ESCUELA:** ESCOM  
**CARRERA:** Ingeniería en Sistemas Computacionales  
**OPCIÓN:** Tronco común  
**COORDINACIÓN:** Academia de Física Matemática  
**DEPARTAMENTO:** Ciencias Básicas  
**ASIGNATURA:** Física  
**SEMESTRE:** Primero  
**CLAVE:** SISDIN101  
**CRÉDITOS:** 7.5  
**VIGENTE:**  
**TIPO DE ASIGNATURA:** Teórico/Práctica  
**MODALIDAD:** Escolarizado

Además, presenta las características “clásicas” de los programas de física de las ingenierías del IPN, esto se puede ver del objetivo de la materia:

*“El alumno aplicará los conceptos básicos de la cinemática y la dinámica, de las magnitudes de las interacciones electromagnéticas entre sistemas de partículas*

*cargadas y las leyes del electromagnetismo, a la solución de problemas relacionados con partículas y movimientos oscilatorios. Vinculará los conocimientos adquiridos en el aula con los fenómenos físicos reales presentes tanto en la naturaleza como en los desarrollos tecnológico”*

Así como de la metodología presentada:

*“Se utilizará la metodología del aprendizaje grupal, la cual requiere la participación activa y constante de los asistentes, análisis de la información que posibilite la integración de los aspectos teóricos, análisis y solución de problemas”*

Por otro lado, presenta en las estrategias didácticas y procesos de evaluación características asociadas al estilo 2 de aprendizaje dentro del Sistema 4MAT:

### ***“ESTRATEGIA DIDÁCTICA***

*Exposición del profesor mediante el uso del pizarrón, retroproyector de acetato, proyector digital (cañón).*

*Solución de problemas del material bibliográfico por parte del alumno.*

*Uso de Laboratorio de Física General, para realización de trabajos y prácticas.*

### ***PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN***

*Al inicio de la unidad se aplica un examen diagnóstico.*

*Se asignan ejercicios para realizarse en clase y extraclase que se toman en cuenta en la calificación.*

*Los contenidos de la unidad uno y de la unidad dos hasta los puntos 2.2 formarán el primer examen parcial.*

*Elaboración de práctica y elaboración del reporte por parte de alumno”.*

Este programa presenta las características ideales para probar el ciclo de aprendizaje propuesto en la sección anterior. En las secciones siguientes se desarrollará a detalle la implementación del ciclo de aprendizaje propuesto, las estrategias para el diseño de las actividades propuestas en cada uno de los ocho pasos y los resultados obtenidos después de probar el ciclo de aprendizaje en un grupo de investigación.

### 3.3 Caracterización del grupo de investigación

Como se mencionó en la sección anterior, el programa de física de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la ESCOM, es un programa representativo de los programas de física que se imparten en el IPN. Por otro lado, este programa incluye temas básicos de física, lo cual permite que al probar un ciclo de aprendizaje, este sea susceptible de, con los cambios mínimos, ser aplicado en cualquier otra universidad.

Para probar el ciclo de aprendizaje propuesto en la sección 3.1.2, se aplicó este ciclo en un grupo de investigación de 29 estudiantes de la ESCOM-IPN de séptimo semestre, en un rango de edad entre 20 a 27 años. El grupo se dividió en dos secciones, una matutina y otra vespertina, con el objetivo de comparar los resultados de la aplicación del ciclo de aprendizaje entre ambas secciones de estudiantes. El hecho de que los estudiantes fuesen de séptimo semestre se debió a que, al ser física una materia del primer semestre, todos ellos ya la habían cursado y aprobado, por lo que podían hacer un comparativo entre la instrucción tradicional y la propuesta por el Sistema 4MAT. El estudio se llevó a cabo dentro de la materia *Física Computacional*, que fue impartida por el autor de este trabajo, materia optativa del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la ESCOM-IPN, durante el período de agosto a septiembre del 2007.

El estilo de aprendizaje de cada estudiante se obtuvo por medio de la aplicación de un cuestionario, el cual se puede consultar en la siguiente dirección electrónica: <http://148.204.46.137/4mat> (Anexo 2). El cuestionario que proporciona la tendencia preponderante de estilo de aprendizaje consta de 15 reactivos, cada uno de los cuales tiene cuatro opciones. Cada opción tiene una característica de cada uno de los estilos de aprendizaje. Por ejemplo, uno de los reactivos es: **Al aprender disfruto...**, el cual contiene las siguientes opciones: explorar posibilidades ocultas, relacionada con el estilo 4; organizar ideas, relacionada con el Estilo 1; crear relaciones propias, relacionada con el Estilo 2 y producir resultados, relacionada con el Estilo 3. Estos cuestionarios ya han sido utilizados en otros estudios similares dentro del mismo IPN (Ramírez, 2004).

En el mismo sitio electrónico mencionado en el párrafo anterior, se encuentra el cuestionario de hemisfericidad cerebral (Anexo 3). El cuestionario proporciona la tendencia sobre la hemisfericidad cerebral de los individuos (derecha ó izquierda),

consta de 11 reactivos, cada uno de los cuales tiene dos opciones. Se puede elegir una de las dos opciones, una tendrá un valor de -1 y la otra de +1, al sumar el resultado final si se tiene un resultado positivo muestra una tendencia a preferir el hemisferio derecho para procesar la información, mientras que, si se tiene un resultado negativo muestra una tendencia a preferir el hemisferio izquierdo. Por ejemplo, uno de los reactivos es: **La gente me considera...**, el cual tiene dos opciones: a) Reflexionar antes que actuar, o b) Actuar y luego reflexionar.

Con ambos cuestionarios, se puede realizar la caracterización de cada estudiante, conociendo el perfil de su estilo de aprendizaje y hemisfericidad cerebral, parámetros sobre los que se basa el Sistema 4MAT. Se cuenta también con un cuestionario sobre estilos de enseñanza, sin embargo, en este trabajo no fue utilizado dado que no es parte del objetivo del mismo. Estos cuestionarios fueron originalmente diseñados e implementados en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) (Gatelú, 2000), y posteriormente retomados y adaptados por investigadores del IPN (Ramírez, 2004).

Los resultados de esta caracterización se muestran en el capítulo cuatro de este trabajo. Ya con la caracterización de los estudiantes, se procedió por un lado a implementar el ciclo de aprendizaje diseñado, y por el otro a estudiar las reacciones de los estudiantes para poder responder las preguntas de investigación planteadas.

### **3.4 Implementación del ciclo de aprendizaje**

Como se mencionó en la sección anterior, el ciclo de aprendizaje diseñado con base en el Sistema 4MAT, se probó en dos grupos de estudiantes de séptimo semestre de la ESCOM-IPN. Las estrategias sugeridas en el ciclo de aprendizaje se decidió video grabarlas para un mejor análisis. Las estrategias se dirigieron a enseñar el concepto de fuerza, y se agruparon en sesiones de una hora y media, en las cuales se trabajó un estilo de aprendizaje por sesión (dos pasos del ciclo de aprendizaje por sesión), por lo tanto el ciclo de aprendizaje se completó en cuatro sesiones. Cada estrategia se diseñó por separado, sin embargo se diseñaron de manera que se “eslabonara” el final de una con el principio de la siguiente, tal como lo pide el ciclo de aprendizaje. En las secciones siguientes se muestra a detalle el diseño, construcción e implementación de cada estrategia.

Por otro lado, para este trabajo se decidió realizar un estudio de tipo cualitativo, siguiendo el esquema sugerido por Sampieri, Fernandez-Collado y Baptista (Sampieri, Fernandez-Collado y Baptista, 2006). Las características señaladas por Sampieri, Fernandez-Collado y Baptista y que se comparten en este trabajo se pueden resumir en las siguientes:

1. El investigador es instrumento de medida. Todos los datos son filtrados por el investigador. Se tiene el riesgo de que los resultados por lo tanto sean subjetivos, lo cual se puede evitar con la reflexión continua y utilizando el criticismo externo (como es el caso de este trabajo).
2. Estudios intensivos en pequeña escala. Se basa en la exploración intensiva de unos pocos casos. En la investigación educativa suelen estudiarse las situaciones normales de clase en su ambiente natural (es el caso de este trabajo tal como se detalló en la introducción de esta sección).
3. Teorías e hipótesis. No suele probar teorías e hipótesis. Es más bien, un método de generar teorías e hipótesis (En este trabajo, se muestra que las hipótesis de investigación son válidas a nivel local (en particular en la ESCOM-IPN), generando la posibilidad de un estudio a mayor escala).
4. No tiene reglas de procedimiento. Las variables no quedan definidas operativamente ni suelen ser susceptibles de medición (En este trabajo no se presentan variables definidas dado la subjetividad de este tipo de estudios en la investigación educativa).
5. Holística. Abarca el fenómeno en su conjunto (en este trabajo, no hay división de variables o discernimiento entre ellas).
6. Recursiva. El diseño de investigación es emergente, se va elaborando a medida que avanza la investigación (en este trabajo los datos recogidos contribuyeron no solo a la prueba de hipótesis de investigación, sino que además contribuyeron a una interpretación más completa del problema como se mostrará en el capítulo cuatro).
7. Análisis estadístico. En general no permite análisis estadístico. En este trabajo dado el resumido número de estudiantes, 19, se prefirió no realizar un análisis estadístico, a pesar de que existen técnicas como la T-Student que permitiría realizar dicho análisis. En esta investigación se eligió obtener conclusiones a partir de la observación del fenómeno.

8. Serendipity. Se pueden incorporar hallazgos que no se habían previsto (más adelante se mostrara que se pudo incorporar a la investigación, estudios sobre misconceptions y semiótica).
9. Emocionalmente satisfactoria.

En la investigación cualitativa se pueden utilizar técnicas de recogida de datos tales como las video grabaciones. Con esto se pretende estudiar lo que la gente “dice y hace”, en lugar de lo que “dice que hace” más propio de las encuestas y métodos cuantitativos. En la metodología cualitativa el análisis de datos va paralelo a la recogida de los mismos. No se distinguen como fases distintas. Hay una interacción permanente entre observación e interpretación; datos recogidos y análisis; en definitiva, acción-reflexión. Por otro lado, dentro de las técnicas de la investigación cualitativa, se tiene la observación participante, donde el observador se dedica a las actividades que está observando. Es uno más del grupo de estudio, en este trabajo el autor es profesor de física del grupo de investigación y es el que aplica directamente las estrategias diseñadas. De acuerdo a la teoría, los pasos a seguir, y que se aplicaron en la investigación de este trabajo, se pueden resumir en los siguientes términos:

1. *Formular una definición del fenómeno de estudio.* En este trabajo se definió el problema de estudio como la “Aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario”.
2. *Formular una explicación hipotética del fenómeno.* Esta formulación se realizó en el capítulo uno de este trabajo.
3. *Estudiar un caso a la luz de la hipótesis, con objeto de determinar si esta hipótesis se ajusta a los datos.* Como se explicó en las secciones anteriores se utiliza el estudio de caso de la ESCOM-IPN para probar las hipótesis de este trabajo.
4. *Si no se ajusta, se reformula la hipótesis o se redefine el fenómeno. Como consecuencia el caso estudiado queda excluido.*

Bajo esta metodología se desarrolla la investigación a partir de los datos recogido al aplicar y video grabar<sup>7</sup> las estrategias contenidas en el ciclo de aprendizaje propuesto. En las siguientes secciones se muestra a detalle el trabajo de diseño y aplicación de cada

---

<sup>7</sup> Se agrega al presente documento un CD que contiene una selección de las video grabaciones realizadas para el análisis.

estrategia, mientras que en el capítulo cuatro se analizan los resultados obtenidos a partir de los datos recogidos.

### **3.4.1 Discusión grupal (Estilo 1)**

La primera estrategia propuesta en el ciclo de aprendizaje (Fig. 3.1), fue una discusión, en la cual se abarcan los pasos uno y dos del ciclo.

El esquema general de la discusión se hizo de manera similar al estudio de Hammer (Hammer, 1995), en el cual estudia los errores conceptuales y desviados de los estudiantes (los llamados “*misconception*”) de los estudiantes en física. Hammer estudia por medio de la discusión grupal, diferentes perspectivas que tienen los instructores al organizar su pensamiento y cómo auxilian a los estudiantes en este proceso. Hammer realiza la discusión grupal acerca del tema de si la fricción o la gravedad afectan el movimiento de una pelota al deslizarse, en estudiantes de nivel bachillerato. Hammer video grabó las sesiones y actuó únicamente como moderador, es decir, no emitió juicios acerca de los conceptos que vertían los estudiantes. Posteriormente a la discusión, Hammer realiza el análisis de la misma y estudia los *misconceptions* encontrados, lo cual es el foco de su investigación.

En este trabajo se sigue el esquema de Hammer descrito anteriormente. La ventaja que se obtuvo de seguir este esquema fue tener en principio un punto de comparación con un estudio similar, además permitió (como se mostrará en el capítulo siguiente) encontrar conceptos errados y desviados en los estudiantes que pudieron ser abordados y eventualmente eliminados en los siguientes pasos del ciclo de aprendizaje.

En esta investigación, la discusión se llevó a cabo en el laboratorio de física de la ESCOM-IPN, donde a los estudiantes se les pidió que se sentaran formando semicírculo. El profesor creó un ambiente agradable y de confianza. Durante el tiempo que duró la discusión, el profesor, en ningún momento, enjuició las respuestas de los estudiantes; es decir, él sólo fue un moderador de la discusión.

La discusión fue grabada en audio y video, para lo cual se utilizaron dos video cámaras. Una permaneció fija, frente al grupo; la otra, móvil. Con esta última se filmó la participación de cada estudiante. Como se mencionó en la sección anterior el grupo de investigación se dividió en dos secciones, en ambas, la duración de la discusión tuvo una duración aproximada de 25 minutos.

El profesor inició con una breve presentación sobre la importancia de la fuerza, sin mencionar el concepto de fuerza al grupo.

A partir de la transcripción de la discusión grabada (Anexo 3), se registro el número de intervenciones de cada estudiante en la charla y que también se reporta más adelante.

Algunas de las situaciones observadas al llevar a cabo la discusión (que se profundizaran en los siguientes capítulos) son las siguientes:

- En el caso de los estudiantes de estilo 1, estos no necesariamente son los más participativos en la discusión, esto a pesar de que se podría suponer que la discusión es una estrategia diseñada específicamente a atender este estilo, sin embargo no se debe de perder de vista que las estrategias dentro del sistema 4MAT están dirigidas para que los estudiantes de todos los estilos desarrollen el máximo potencial en todos los estilos. En el curso de la investigación se pudo constatar que los estudiantes del estilo 1 manifiestan sus errores conceptuales tratando de “mediar” con las respuestas dadas por los demás estudiantes en la discusión. Sin embargo, se encontró que esta mediación se llevó a cabo sin importar si las respuestas son correctas o erróneas. Estos estudiantes participaron cuando sintieron que su argumento no provocaba conflictos.
- Para los estudiantes de tipo 2, participar en la discusión es incomodo, dado que para este estilo prefieren la opinión de los expertos y no consideran así a sus compañeros en la discusión, sin embargo al desarrollarse la charla los estudiantes estilo 2 buscan participar introduciendo conceptos teóricos al sentir la falta de formalidad en los términos vertidos por el resto de los compañeros. En este esfuerzo por introducir conceptos formales y abstractos en la discusión (con los que se sienten cómodos los estudiantes estilo 2) suelen incurrir en imprecisiones las cuales son detectadas como errores conceptuales por parte del profesor, pero para el resto del grupo es más difícil discutir dado el nivel abstracto del concepto y el lenguaje formal utilizado, provocando con ello que algunos estudiantes (en particular los estilo 1 con tal de no entrar en conflicto) procuren seguirlos otorgándoles el nivel de experto y conductor de la charla, situación en la que los estudiantes estilo 2 se desenvuelven mejor.
- Para los estudiantes estilo 3, resulta más incómodo participar en una discusión que para los estilos 2, dado que ésta no presenta ejemplos concretos del concepto en discusión. Los estudiantes estilo 3 manifiestan su opinión o duda relacionando el concepto con ejemplos prácticos. Como se mencionó en la introducción, los estudiantes de estilo 3 aprenden, de mejor manera cuando se procede, en primer lugar a enseñar el concepto de manera abstracta y en segundo



lugar lo prueban experimentalmente por sí mismos. En este trabajo encontramos que al no seguir el proceso mencionado, los estudiantes estilo 3 manifiestan errores conceptuales, al no establecer una relación correcta en su argumento entre el ejemplo práctico y el concepto teórico.

- Para los estudiantes estilo 4, la discusión, a pesar de no ser su forma favorita de aprender, les resulta cómoda, dado que una de sus características es pretender influir en las opiniones de sus compañeros. En ese afán de influir suelen introducir términos no relacionados directamente con el concepto en discusión. Lo anterior puede tener dos efectos, en primer lugar desarrollan conceptos errados para sí mismos y en segundo lugar crean confusión en el grupo.

Al terminar esta estrategia de aprendizaje, se pudo ligar con la siguiente, la clase tradicional teórica, tal como lo muestra el ciclo de aprendizaje propuesto.



**Figura 3.2 Vista de la Discusión Grupal.**

### **3.4.2 Clase Teórica Tradicional (Estilo 2)**

La clase teórica tradicional se basó en lo estipulado en el programa propuesto para la materia de Física en la ESCOM-IPN. Como se mostró en la introducción de este capítulo, las características del programa de Física de la ESCOM-IPN corresponden al estilo 2 de aprendizaje dentro del Sistema 4MAT. En esta sesión el profesor tendría el tiempo asignado normalmente para la clase tradicional de física, es decir, una hora con

treinta minutos. El material didáctico que utilizó el profesor fue únicamente pizarrón blanco y marcadores, utilizando sus notas como apoyo (Anexo 4)<sup>8</sup>. Dichas notas están basadas en una bibliografía diversa, de las cuales destacan los textos de Resnick, Sears-Zemansky y Tarasov-Tarasova, La clase, al igual que la discusión de la sección anterior, fue video grabada con el fin de facilitar su análisis posterior.

La clase se desarrolló como una exposición “magistral” por parte del profesor, planteado los antecedentes del tema, plantear los principios teóricos, desarrollar las ecuaciones correspondientes, resolver problemas por ejemplo, pedir a los estudiantes que resuelvan problemas tipo y finalmente resolver dudas. Al terminar, la clase el profesor propuso una lista de problemas a resolver como apoyo a lo visto en clase. La lista de problemas está incluida también en las notas del profesor y corresponden a los textos antes mencionados. Con las acciones mencionadas en esta sección, se cubren los pasos 3 y 4 del ciclo de aprendizaje propuesto.

Al video grabar la clase se pudo estudiar las reacciones de los estudiantes ante la exposición del profesor. En particular, se buscó estudiar los gestos y el lenguaje corporal de los estudiantes en la clase<sup>9</sup>. Existen gran cantidad de estudios acerca de cómo los gestos y el lenguaje corporal se pueden utilizar para conocer las reacciones de los estudiantes durante su instrucción (Key 1977), (Siegman, 1987), (Meadow 2005).

Como se mencionó en el capítulo dos, los estilos de aprendizaje y la hemisfericidad cerebral, bajo la metodología del Sistema 4MAT que se utiliza en este trabajo, son el resultado de estudios neurológicos del cerebro. De la misma manera, la comunicación no verbal se ha estudiado desde el punto de vista neurológico, por lo que se puede establecer en principio una relación entre el Sistema 4MAT y el lenguaje corporal. En este trabajo no se pretende profundizar en el estudio del lenguaje corporal, sin embargo, basados en lo observado en las video grabaciones es importante establecer que en las cuatro actividades propuestas para cubrir el ciclo de aprendizaje, los estudiantes de los diferentes estilos presentan comunicación no verbal particular dependiendo de su estilo de aprendizaje individual y la orientación de la actividad. En el caso de la clase teórica, es importante señalar que también son relevantes los gestos y el lenguaje corporal del profesor, dado que en esta actividad es la única donde es de suma importancia el papel

---

<sup>8</sup> Las notas del profesor Olvera se encuentran validadas por la Secretaría Académica del IPN, por lo que son notas oficiales para el curso de física en la ESCOM-IPN.

<sup>9</sup> El lenguaje corporal y el estudio de gestos corresponden a una parte de la semiótica. En este trabajo se hace uso para el análisis de las reacciones de los estudiantes de estas ramas de la semiótica, sin embargo no se profundiza en su estudio dado que no es el objetivo de esta investigación.

del “experto” para el estilo 2, como se señaló en el capítulo 2. En esta sección únicamente se presenta un análisis preliminar de la comunicación no verbal por parte del profesor. En el capítulo cuatro se profundiza el análisis de lenguaje corporal de los estudiantes, ya que se han completado las cuatro actividades.

El profesor Olvera realizó el cuestionario de estilo de enseñanza y el de hemisfericidad cerebral, dando por resultado ser estilo 2 con hemisfericidad cerebral izquierda. Debido a lo anterior resultó ser el profesor ideal para probar la estrategia de la clase teórica. El profesor al dar su exposición, en pocas ocasiones tenía contacto visual con los estudiantes, en muchas ocasiones “hablaba con el pizarrón” al dar sus explicaciones. Sus movimientos se restringieron a un espacio restringido a un metro por delante del pizarrón al frente y al espacio mismo del pizarrón a los lados. Los gestos del profesor se redujeron al mínimo, sobre todo al desarrollar ecuaciones. En el extremo contrario, el profesor fue más expresivo cuando explicó los antecedentes del tema. En su contacto físico con los estudiantes este fue nulo, a pesar de que en las dos sesiones clase (un grupo matutino y uno vespertino) no se sobrepasaron los 15 estudiantes. Otro aspecto importante de la comunicación no verbal es la forma de escribir en el pizarrón, en este sentido, el profesor Olvera utilizó un solo color al escribir en el pizarrón, manteniendo un orden en su escritura, de arriba abajo, de izquierda a derecha, dividiendo el pizarrón en tres columnas. Con esta descripción general de lo observado sobre el profesor, se pudo observar el impacto sobre los estudiantes de los diferentes estilos presentes en la clase, este impacto se puede resumir en los siguientes puntos:

- Los estudiantes Estilo 1, al no sentir el contacto visual se sienten incómodos, solo escuchan la clase y son disciplinados, pero al no existir intercambio con el profesor y sus compañeros terminan por no aprovechar el material al máximo.
- Los Estudiantes Estilo 2, se sienten cómodos, son disciplinados, su atención se centra en el material, no en el profesor, cuando se presentan los ejemplos son los primeros en presentar dudas, no se intimidan en este tipo de estrategia.
- Los Estudiantes Estilo 3, a pesar de sentirse cómodos en clase, suelen presentar periodos de “aburrimiento” el cuál se manifiesta en bostezos, actitudes corporales de rechazo, tales como brazos cruzados, movimientos continuos en su asiento entre otros. Esta actitud sin embargo se revierte al presentarse los ejercicios de ejemplo, en los cuales son muy participativos.

- Los Estudiantes Estilo 4, se sienten incómodos en este tipo de estrategia, fue notoria su ausencia en la clase, prefirieron no asistir a este tipo de clase y contactar al profesor después de la clase para “pedir apuntes y tareas”, al entrevistarlos posteriormente manifestaron que este tipo de clase “les aburre”.

En el capítulo 4 se hace un análisis más profundo de los resultados obtenidos en esta estrategia. Al terminar la clase y recibir las instrucciones para el trabajo extraclase, se pudo ligar con el siguiente paso, el paso 5 del ciclo de aprendizaje, para tal efecto se proporcionó una lista de materiales de laboratorio a utilizar, así como una “práctica” propuesta, para su análisis y que se describe a detalle en la siguiente sección.



**Figura 3.3 Vista de la Clase Teórica.**

### **3.4.3 Clase Práctica de Laboratorio (Estilo 3)**

La clase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de física de la ESCOM-IPN. Para el desarrollo de la práctica se tomó como base la práctica de laboratorio número tres del plan de estudios de la materia de física de la ESCOM (Anexo 5)<sup>10</sup>. En esta práctica se utilizó un riel de aire, pesas de diferentes pesos (entre 5 y 100 gramos), un cronómetro electrónico, una polea y un tren deslizante. Todo este equipo es de la marca

---

<sup>10</sup> Las prácticas de laboratorio se encuentran actualmente en proceso de validación en la academia de ciencias básicas de la ESCOM-IPN. Sin embargo, estas se realizan con regularidad en el curso de física.

PEWHE, quien proporciona un manual de uso (Anexo 6), en el cuál se basó la práctica diseñada por la academia de ciencias básicas de la ESCOM.

Al igual que las dos primeras actividades, esta actividad fue video grabada para su posterior análisis. En este punto es importante recordar que el Sistema 4MAT propone en el ciclo de aprendizaje “repetir” en los pasos 4 y 5 la hemisfericidad izquierda. Por esta razón en el ciclo de aprendizaje propuesto para este trabajo se propone como paso 5, el que los estudiantes propongan una práctica de laboratorio con el fin de comprobar los conceptos teóricos vertidos en el paso 4 por medio de los problemas de tarea propuestos en la clase tradicional. A los estudiantes se les proporcionó la práctica propuesta por el programa de la materia junto con los problemas de la clase tradicional, pero se les indicó que no era obligatorio seguirlo, sino que se podía utilizar como consulta o guía, solicitando que ellos dieran una propuesta.

En el laboratorio, el profesor únicamente mostró la forma en la cual trabajan los equipos, dejando posteriormente en total libertad a los estudiantes el manejo del equipo para probar sus propuestas para probar el concepto de fuerza que recibieron en la clase teórica y que se introdujo en la discusión. El objetivo fue observar y analizar cómo los estudiantes de cada estilo reaccionaban en esta estrategia diseñada con el Estilo 3.

Al igual que en las dos actividades anteriores, la actividad se desarrollo en dos grupos, uno matutino y uno vespertino. Se utilizó un solo equipo para 7 estudiantes en el caso matutino y 6 en el caso vespertino. En el capítulo cuatro se mostrará a detalle las reacciones que tuvieron los estudiantes en esta actividad, así como su grado de comodidad en comparación con el resto de las actividades, además de detallar la comunicación no verbal que presentaron los estudiantes en esta actividad.

La práctica consistió de utilizar el material detallado anteriormente, con el fin de observar el efecto de la fuerza en el movimiento, utilizando para este objetivo el riel de aire, la polea, y las masas de diferentes pesos. Los estudiantes incorporaban masas al “carrito”, utilizaron el disparador, que a su vez arrancaba el cronometro, y observaban el tiempo que tardaba en recorrer cierta distancia con cierta masa. Incorporaban masas diferentes y observaban la variación de tiempo en el recorrido de la misma distancia. Los estudiantes incorporaban variaciones de este esquema inicial, al utilizar la gravedad, amarrando masas al otro lado de la polea y notando la variación de tiempo al aumentar la masa, al recorrer el carro la distancia total del riel. En otros momentos, los estudiantes, no utilizaron el disparador, sino que con su propio empuje vieron la variación en la distancia recorrida por el carro.

En general el comportamiento observado al realizar la práctica por parte de los estudiantes de los diferentes estilos fue el siguiente:

- Los estudiantes Estilo 1 fueron quienes tomaron la iniciativa en el trabajo de laboratorio, esto se debe a dos razones, la primera, que al ser solicitado en la sesión previa que se realizara un propuesta de práctica, ésta se realizó en equipo, que como se ha mostrado en capítulo dos, es la forma favorita de trabajar de los estudiantes Estilo 1, esta situación provoca “confianza” en los estudiantes para iniciar el trabajo de laboratorio. En segundo lugar, la dinámica propia del trabajo de laboratorio exige trabajo en equipo, por lo que los estudiantes Estilo 1 se sienten cómodos con ellos. Por otro lado, a pesar de que el trabajo se lleva en equipo, los estudiantes Estilo 1 terminan por “perdersé” en el trabajo técnico que implica la realización de la práctica. Apoyan al equipo en actividades como tomar datos o reacomodar pesas, pero procuran no manejar el equipo.
- Los estudiantes Estilo 2 no mostraron mucho interés en la manipulación del equipo, preferían fungir como “expertos” en las indicaciones de que hacer para comprobar los conceptos vistos en clase. Eran quienes presentaron una “práctica” escrita más ordenada y apegada a la práctica proporcionada previamente. En el desarrollo de la práctica ellos se interesaron por recabar información y realizar “cálculos” aún antes de terminarla. Se sintieron incómodos al introducir variaciones en el desarrollo de la práctica por otros estudiantes, cuando otros estudiantes se preguntaban ¿y que pasa si...? Preferían terminar lo más pronto posible la actividad y continuar con otra cosa.
- Los estudiantes Estilo 3 fueron quienes se sintieron más cómodos al manipular el equipo. Al estar manejando el equipo son los primeros que argumentan el cómo se comprueban o desechan las hipótesis planteadas sobre los conceptos (en este caso el concepto de fuerza). Tienden a ir más allá de lo que marca la práctica, en este sentido se complementan con los estudiantes Estilo 4. Suelen “aislar” a los compañeros menos hábiles en el manejo del equipo, entran un poco en conflicto con los estudiantes Estilo 2 al no seguir al pie de la letra lo indicado en la práctica previamente propuesta.
- Los estudiantes Estilo 4 se sintieron cómodos en la realización de la práctica. Tardaron un poco en incorporarse a la dinámica del trabajo de laboratorio, esto se debe al no sentirse cómodos al seguir las indicaciones de la práctica

previamente propuesta. Al darle a los estudiantes la libertad de utilizar el equipo bajo su responsabilidad, los estudiantes Estilo 4 son quienes más proponen cambios, siempre bajo la pregunta ¿Qué pasa si...? Suelen desestimar las participaciones de los estudiantes Estilo 2 acerca de realizar la toma de datos. No les es de interés los datos, sino ver en acción al equipo y obtener conclusiones de estas observaciones.

Después de terminar esta actividad, los estudiantes podían confrontar sus creencias sobre el concepto de fuerza (estrategia 1, discusión) con el concepto teórico formal (estrategia 2, clase teórica tradicional) y la observación del fenómeno físico directamente (estrategia 3, práctica de laboratorio). Esta confrontación permitió solicitar a los estudiantes que utilizarán este conocimiento para realizar una exposición de un tema de manera libre, de manera que manifestaran como introducirlo en su vida diaria, orientado en particular sobre la carrera que cursan (Ingeniería en sistemas Computacionales). En la siguiente sección se muestran a detalle las características de las exposiciones, estrategia con la que se cerró el ciclo de aprendizaje propuesto.



**Figura 3.4 Vista de la Práctica de Laboratorio.**

#### **3.4.4 Exposición Individual de los Estudiantes (Estilo 4)**

Al igual que las tres primeras actividades, las exposiciones se llevaron cabo en el laboratorio de física de la ESCOM-IPN. Al terminar la práctica de laboratorio se pidió a

los estudiantes preparan una presentación donde el concepto de fuerza fuera utilizado y un problema particular. Para cumplir este objetivo se dio la libertad a los estudiantes de realizar dicho trabajo de manera individual o en equipo, utilizar el material didáctico de su elección (pizarrón, cañón, presentaciones en Power Point, dinámicas de grupo, etc.), la única restricción fue incorporar el tema de fuerza en su exposición. Al ser estudiantes de Ingeniería de Sistemas Computacionales, la sugerencia hecha por el profesor fue presentar simulaciones de problemas físicos utilizando algún lenguaje de cómputo (C++, JAVA, Irlich etc.), en particular se sugirieron como materiales de consultas los textos de Esquembre (Esquembre, 2005) y de Ortíz (1998), los cuales tratan sobre simulación de fenómenos físicos. Lo anterior con la finalidad de cumplir con lo establecido por el ciclo de aprendizaje en los pasos 7 y 8, los cuales según McCarthy, deben de llevar a los estudiantes a apropiarse del conocimiento, llevándolo a ver la utilidad en su vida diaria, por lo que al estar estudiando Ingeniería en Sistemas Computacionales, el buscar la aplicación de la física en una simulación de computadora, los estudiantes hacen uso de las herramientas aprendidas en su carrera.

Por otro lado, el exponer es la forma propuesta por el Sistema 4MAT para abordar los pasos 7 y 8 de un ciclo de aprendizaje.

Al igual que las actividades anteriores, las exposiciones fueron video grabadas para su posterior análisis.

Con esta actividad se cerró el ciclo de aprendizaje propuesto, por lo que se pudieron observar tres aspectos principales de manera prácticamente individual de los estudiantes, que en las etapas anteriores fueron un poco más difíciles de observar dado que las actividades previas (la discusión, la clase tradicional y la práctica de laboratorio) necesariamente por su diseño son actividades grupales. La exposición, a pesar de ser dirigida hacia el grupo y autorizar que se realizara en equipo, permite estudiar a las reacciones de los estudiantes de manera individual. Los tres aspectos que se pudieron observar fueron, en primer lugar, la forma en que exponen a un público los estudiantes en función de su estilo de aprendizaje, en segundo término, las errores conceptuales o desviados (los llamados *misconceptions*) que manifiestan los estudiantes después de las cuatro actividades, lo que permite una primera evaluación del ciclo de aprendizaje y finalmente, estudiar el lenguaje corporal de manera más directa de cada estudiante y poder establecer una relación con su estilo de aprendizaje particular.

En el siguiente capítulo se mostrarán a detalle los resultados de los últimos dos puntos. En relación al primer punto, la forma en que se expuso por parte de los estudiantes en



función de su estilo de aprendizaje, cabe recordar (como se mostró en el capítulo dos) que no existe un estilo absoluto en el que se puedan englobar a un número determinado de estudiantes, sino que, cada estudiante presenta una combinación de estilos personal, donde uno de los estilos puede presentar una predominancia sobre el resto. Sin embargo, después de una primera revisión de los videos, se pueden englobar las características generales de las exposiciones en función del estilo de aprendizaje de la siguiente forma:

- Los estudiantes de Estilo 1 no son muy participativos en el desarrollo de su exposición, dejando a otros compañeros el rol principal en esta. Un aspecto interesante es el hecho de que todos los estudiantes Estilo 1 presentaron su trabajo en equipo. Otro hecho interesante de señalar es que se encontraron coincidencias con lo encontrado en la discusión de la primera actividad, los estudiantes Estilo 1, suelen conciliar con las ideas de sus compañeros para no entablar conflicto, en el caso de sus trabajos estos presentaron una colaboración sobre todo en el aspecto de organización de la exposición más que del contenido de la misma. Fue notorio que se apegaron totalmente en el desarrollo de sus programas a lo establecido en el texto, y, en los equipos que incluían estudiantes Estilo 2 ó 3, a la opinión de estos. En la ronda de preguntas al final de la exposición los estudiantes Estilo 1 se mostraron nerviosos al responder, prefiriendo cuando fue posible, que otros estudiantes respondieran.
- Los estudiantes Estilo 2, a diferencia de los Estilo 1, prefieren exponer individualmente, o en su defecto, formar equipos con estudiantes de estilo similar al suyo. El tipo de trabajo que presentaron este tipo de estudiantes fue muy peculiar, expusieron trabajos donde realizaron simulaciones de computo, pero explicando el proceso de programación, las características del paquete que se utilizó para la realización de la simulación. En algún caso particular, el estudiante mostró una serie de ecuaciones (de un nivel claramente más elevado a lo que se pedía en la exposición), para explicar su proyecto, este tipo de exposición no permitió al resto del grupo realizar preguntas, ya que se “intimidó” ante el nivel teórico mostrado por el expositor, sin embargo, para el profesor resultó evidente que dicho desarrollo matemático estaba equivocado. El ejemplo descrito anteriormente hace claro que los estudiantes Estilo 2 prepararon su exposición dirigiéndola hacia el profesor, no al resto del grupo, ya que lo consideran el experto y sólo les es interesante su aprobación. Fue claro

que en los trabajos presentados por este tipo de estudiantes les es incómodo exponerlos, situación que al igual que en el punto anterior, confirma lo encontrado en la primera actividad.

- Los estudiantes Estilo 3, presentaron su trabajo con un alto grado de desarrollo en el aspecto de cómputo. Los problemas que simularon en realidad eran simples, directos, pero el trabajo de programación realizado superaba en mucho al hecho por los estudiantes de otros estilos. La exposición de estos estudiantes, presentó un énfasis mayor en la interfaz gráfica y la simulación en sí misma que en el concepto a estudiar que era la fuerza. Estos estudiantes trabajaron por lo general en equipo, pero asumieron el rol de líder del equipo. Al responder las preguntas del grupo desviaron la atención hacia su simulación en lugar de los aspectos físicos.
- Los estudiantes Estilo 4, fueron los que se sintieron más cómodos en la actividad. Pudieron desarrollar ideas propias y usar la creatividad para su exposición. Como ejemplo de lo anterior, un estudiante Estilo 4, para ejemplificar las fuerzas involucradas en el tiro parabólico, filmó un experimento, el tirar una pelota y seguir su bote, realizó un programa donde se introdujeron los datos mostrados en su filmación, y realizó la simulación del movimiento, obteniendo datos de fuerza, impulso, aceleración de la gravedad, finalizando por una serie de preguntas y respuestas en las cuales se orientó más sobre el experimento que realizó y la forma de simular. El grupo por su parte, mostró un mayor gusto por este tipo de exposición, donde, a pesar de que se mostraron algunas ecuaciones no se profundizó más allá de lo necesitado por el tema (como si lo hicieron los estudiantes Estilo 2), se utilizó la programación sin perder de vista el tema principal (como paso con los estudiantes Estilo 3) y asumieron el papel principal de la exposición (como no pasó con los estudiantes Estilo 1).

Después de concluir esta actividad, se cerró el ciclo de aprendizaje propuesto para enseñar el tema de fuerza. Con la finalidad de estudiar el grado de comodidad de los estudiantes en las cuatro actividades de este ciclo, se diseñó un nuevo cuestionario que se dividió en tres partes (Anexo 7): 1) Los antecedentes del estudiante (recordando que en este estudio de caso, los estudiantes eran de séptimo semestre y ya habían cursado la materia); 2) El grado de satisfacción en las diferentes actividades y su actividad

favorita; y 3) La experiencia personal obtenida (el concepto de fuerza que se tiene, la influencia de la grabación y la opinión del material utilizado).

La siguiente actividad fue el análisis de los videos y los cuestionarios de los estudiantes. En el siguiente capítulo, se desarrollan los resultados encontrados al aplicar este ciclo de aprendizaje y se da respuesta a las preguntas de investigación planteadas en el primer capítulo de este trabajo.



**Figura 3.4 Vista de algunas de la Exposiciones.**

## 4 Análisis y resultados

Cómo se mencionó en el capítulo anterior, la implementación del ciclo de aprendizaje y su posterior análisis requería de la caracterización del grupo. Esta caracterización consistió en conocer el estilo de aprendizaje predominante y la hemisfericidad cerebral de los estudiantes participantes en el estudio. Los estudiantes contestaron dos cuestionarios, el primero para conocer el estilo de aprendizaje predominante y el segundo para conocer la hemisfericidad cerebral. Ambos cuestionarios se encuentran en la dirección electrónica <http://148.204.46.137/4mat>, ambos cuestionarios (como se mencionó en el capítulo anterior) fueron diseñados, probados e implementados para investigaciones anteriores. Para poder acceder a los cuestionarios, los estudiantes tienen que llenar un registro en línea donde se les solicitan sus datos generales, al tener este registro se pasa a una sección de cuestionarios que ellos pueden llenar. Se solicitó al grupo acceder a la página y llenar los cuestionarios de estilos de aprendizaje y el de hemisfericidad cerebral (al terminar las actividades del ciclo de aprendizaje se solicitó llenar el cuestionario de evaluación que se menciona en la sección anterior). El resultado de estos cuestionarios es el siguiente:

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Lizbeth Aaron Alfaro</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	1
Hemisfericidad	-1

<b>Nombre:</b>	<a href="#">LUIS ANGELES GONZALEZ</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisfericidad	7

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Julio Narciso Argota Quiroz</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisfericidad	-7

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Jesús Isaías Baños Martínez</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	1
Hemisfericidad	7

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Ivan Jonathan Benitez Benitez</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	4
Hemisfericidad	3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Israel Buitron Damaso</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	1

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Javier Iván Delgado Galaviz</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Carlos Jesus Garcia Ordoñez</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	4
Hemisferidad	7

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Pablo Gerardo Padilla Beltrán</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	-3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Arturo gomez ortega</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	3
Hemisferidad	-1

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Alfredo Hernandez Moreno</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	-7

<b>Nombre:</b>	<a href="#">José Guadalupe Hernández Pacheco</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	3
Hemisferidad	-3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">DANIEL ENRIQUE HINOJOSA PÉREZ</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	3
Hemisferidad	-3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Carlos Gustavo Lopez Franco</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	4
Hemisferidad	-9

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Cesareo Meza Pérez</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	3
Hemisferidad	-3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Francisco Javier Montiel Valenciana</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	-9

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Félix Daniel Ordoñez Ballesteros</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	1
Hemisferidad	-5

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Rafael Josu(e Ortuño Pacheco</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	4
Hemisferidad	3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Ludwig Peña Rivera</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	-1

<b>Nombre:</b>	<a href="#">m5_jose roman cruz</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	-5

<b>Nombre:</b>	<a href="#">jorge adrian salcedo gutierrez</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	4
Hemisferidad	3

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Anais del Rocio Silva Ferruzca</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	3
Hemisferidad	-1

<b>Nombre:</b>	<a href="#">Lino Soberanes Perez</a>
<b>Cuestionario</b>	<b>Estilo Predominante</b>
Aprendizaje	2
Hemisferidad	3

Nombre:	oscar adolfo soto victoria	
Cuestionario	Estilo Predominante	
Aprendizaje	2	
Hemisferidad	3	

**Tabla 4.1 Estilo de Aprendizaje predominante y Hemisfericidad Cerebral de los estudiantes participantes.**

Como se ve de la tabla anterior, el grupo está conformado por tres estudiantes Estilo 1, doce Estilo 2, cinco Estilo 3 y cinco Estilo 4. Por otro lado, la hemisfericidad se dividió con diez estudiantes con Hemisfericidad Derecha y quince con Hemisfericidad Izquierda.

Es importante recordar que, a pesar de que cada estudiante tiene un estilo de aprendizaje predominante, en realidad se tiene una combinación de estilos particular de cada estudiante. El cuestionario aplicado permite conocer dicha combinación de estilos, la forma de presentar la información después de aplicar el cuestionario es la siguiente:

Estilo de Aprendizaje					
Estilo 1	Estilo 2	Estilo 3	Estilo 4	Fecha	Estilo Predominante
36	47	33	34	20/08/2007	2

Hemisfericidad Cerebral			
Haciendo	Observando	Haciendo/Observando	Fecha
5	6	-1	20/08/2007

**Tabla 4.2 Forma de presentar los resultados de los cuestionarios de Estilos de Aprendizaje y Hemisfericidad Cerebral.**

Con esta caracterización hecha, se procedió a implementar el ciclo de aprendizaje propuesto, utilizando las estrategias descritas a detalle en el capítulo anterior.

En la primera estrategia utilizada para cubrir los pasos 1 y 2 del ciclo de aprendizaje dirigido a la enseñanza del concepto de fuerza, se utilizó la discusión grupal. La discusión inició con una pregunta generadora por parte del profesor:

**Profesor:** *Uno de los conceptos más importantes o fundamentales de la física como tal es el concepto de fuerza, lo abordamos desde los primeros conceptos en física que se*

*ven en la secundaria, en el nivel medio superior, en el nivel superior por el cual ustedes ya cursaron, entonces a partir de lo que ustedes entienden por fuerza, quiero que me digan ¿que entienden por fuerza?, todo lo que sepan alrededor de la fuerza, su aplicación, todo lo que sepan sobre el concepto de fuerza.*

Es interesante observar que el profesor solo introduce el término fuerza sin proporcionar alguna definición u opinión personal en esta primera intervención. En respuesta a la pregunta generadora se tuvieron las siguientes respuestas:

**Francisco:** *¿No es como la cantidad de masa desplazándose?*

**Anaís:** *Como energía ejercida sobre una superficie de un cuerpo.*

**Ludwing:** *Bueno iba a decir algo parecido, es como una energía o energía aplicada a cualquier cuerpo físico ¿no? que se pueda si no tocar si visible.*

**Lizbeth:** *Es similar a lo mismo, es la cantidad de energía aplicada a una masa.*

En estas primeras intervenciones empezamos a ver ya un concepto errado muy claro, el de vincular directamente el concepto de fuerza con el de energía. Es interesante ver también que después de la primera intervención por parte de Anaís los demás estudiantes siguen su concepto errado de fuerza como energía ejercida por un cuerpo.

De las cuatro primeras participaciones solo una corresponde a un estudiante cuyo estilo de aprendizaje empata con el estilo bajo el cual se diseñó la discusión (Estilo 1). En este sentido es interesante recordar que los estudiantes estilo 1 tienden a ser “conciliadores” lo cual se refleja en la respuesta de Lizbeth que concilia las respuestas anteriores de sus compañeros al englobar los términos energía y masa en su respuesta.

Con respecto a los tipos de fuerza que conocen y cuál es el origen de las mismas estas son algunas de sus respuestas:

**Jorge:** *Fuerza centrífuga.*

**Ludwing:** *Depende yo creo, tiene, creo recordar que está relacionada con la fuerza de gravedad que también es otro tipo de fuerza según yo, bueno para empezar pienso que es de las más básicas donde podemos platicar sino ampliamente el concepto de fuerza, que por lo menos hemos dicho aquí brevemente, si por lo menos es el más básico que podemos comprobar, es palpable y según recuerdo yo, la fuerza centrífuga es la fuerza que ejerce a cierta masa por ejemplo hablando a nivel de tierra es la fuerza que la tierra ejerce sobre nosotros al momento que está girando sobre su eje de rotación, no*



*recuerdo si es la fuerza que nos mantiene obviamente aquí en la tierra para que no salgamos volando, entonces esa es la gravedad.*

El maestro en este momento trata de guiar la charla hacia el origen de las fuerzas por medio de un ejemplo que recuerde a los estudiantes lo que significa el origen de la fuerza:

*Prof.: OK pongamos un ejemplo, si tengo dos cargas eléctricas se van a mover, se pueden repeler o se pueden atraer, ¿tiene que ver con que tengan cierta masa esas cargas? O ¿Por qué se atraen y se repeles?*

*Jorge: Es por la carga.*

*Ludwing: Pues es la masa que tiene la carga, partiendo del concepto que dijimos que era una energía aplicada a una masa, la energía como tal es su carga que posee al momento, por ejemplo cuando una positiva y una negativa, al momento que se juntan si uno no las empuja para que se juntaran entonces pues estamos viendo una fuerza ahí ¿qué fue lo que hizo que se juntaran?, pues esa energía que hizo que se juntaran por ser negativas o positivas.*

En este punto nuevamente podemos detectar el concepto erróneo que tienen sobre el tipo de fuerzas y su origen al confundir la definición de la fuerza con el origen de la misma. El concepto errado de igualar fuerza con energía en el caso de Ludwing se refuerza conforme avanza la charla va “arrastrando” otros conceptos con este. Por otro lado, también se empieza a destacar Ludwing como el estudiante más participativo, lo cual no implica que sea el que tiene el concepto correcto, en este caso Jorge es el que tiene la respuesta más cercana a la correcta, aunque en su caso no argumenta su respuesta.

Otro punto interesante es no solo la participación si no la forma en que se da, es notorio que Ludwing al tener un estilo 2 intenta ser más conceptual, mientras que Jorge al ser estilo 4 tiene respuestas menos argumentadas y más directas.

Un aspecto interesante es el que los estudiantes que participan menos, comienzan a repetir en sus escasas intervenciones los conceptos errados de los estudiantes que argumentan más, en este caso siguen la idea de Ludwing

*Mari Carmen: Yo entiendo por fuerza que es una energía, algo intangible y que hace, bueno ciertos tipos de fuerza hacen que las cosas se muevan o caminen, que un cuerpo no esté siempre en una sola posición.*

*Jorge: ¿Por lo que pesan los cuerpos no?, en la gravedad nosotros por ejemplo que tenemos más masa que una hoja de papel somos para la fuerza de gravedad más livianos, bueno la hoja de papel es más liviana que nosotros entonces si depende del peso o la masa del objeto. La energía sería la misma masa.*

En estas intervenciones es claro que a pesar de que ambos estudiantes tienen conceptos cercanos a la realidad (Fuerza provocando cambio de posición o la masa como origen de la fuerza de gravedad) ya incluyen el término “energía” dentro de su argumento, influenciados por el concepto erróneo que Ludwing introdujo en la charla, reforzado por el número de participaciones que él tiene en la discusión.

En este caso Mari Carmen tiene estilo 1 y Jorge estilo 4, ambos estilos son poco conceptuales en su forma de argumentar por lo que es notorio que al ser estilo 1 Mari Carmen “concilia” con lo dicho por Ludwing, mientras que Jorge busca argumentar en términos de ejemplos concretos.

En otro momento de la charla se trata por parte del maestro de introducir un lenguaje más formal con la intención de ver la reacción del grupo, en este caso se habla de las leyes de Newton:

*Prof.: Estamos todos de acuerdo, ahora quiero voltearme a algo más teórico y que ustedes ya han visto, no nada más en el curso en su curso universitario, sino además en diversos cursos de física que han llevado antes y que llamamos leyes de newton, ¿alguien recuerda a grandes rasgos lo que eran las leyes de newton? O ¿Qué son las leyes de newton?*

*Mari Carmen: Mmmm son tres enunciados, pero solo me acuerdo de uno, el que dice que un cuerpo permanece en movimiento o estable hasta que una fuerza externa no lo cambia, o sea que un cuerpo puede permanecer en movimiento hasta que una fuerza no lo cambie o halla otra fuerza que lo mueva, más o menos.*

*Francisco: ¿No habla de equilibrio?*

*Ludwing: Según yo recuerdo, la primera que es la uno, después no sé si estoy bien pero de ahí se derivan el que es proporcional la fuerza a un objeto o a la masa de un objeto o algo así, ya no recuerdo más, pero creo que era algo así, un cuerpo se mantiene ya*

*sea en movimiento o estático o quieto hasta que una fuerza (si en equilibrio) hasta que una fuerza se aplica, y la tercera que también recuerdo, es que a toda reacción hay una reacción igual de la misma magnitud pero sentido inverso, pero falta la segunda.*

En este caso es notorio que al tener la instrucción de recordar el término “Leyes de Newton” los estudiantes tienen conceptos más cercanos al correcto a cuando se les pidió dar su propio concepto de fuerza, sin embargo, Ludwing y Francisco al ser estilo 2 argumentan utilizando conceptos abstractos como equilibrio, reacción o masa, mientras que en el caso de Mari Carmen ella claramente concilia con lo que recuerda de memoria.

Al pedirles ahora a los estudiantes que digan cómo se calcula la fuerza, se tuvieron los siguientes comentarios:

*Ludwing: Yo recuerdo la de la fuerza de gravedad, que para determinar lo que es el peso, que es donde tenemos una constante gravitacional que es de 9 punto y ocho no recuerdo por la masa ¿no? y eso es lo que nos daba nuestro peso.*

*Mari Carmen: La fuerza es un vector y era un escalar una masa punto una aceleración*

*Lizbeth: Si yo recuerdo que tenía que ver con la masa y la aceleración.*

*Lourdes: Fuerza igual a masa por aceleración*

*Ludwing: Si básicamente era así porque a fin de cuentas la que yo siempre me acuerdo es la de la fuerza de gravedad porque esa aceleración, bueno la masa es un escalar normal, porque como dijo la compañera la fuerza es una cantidad vectorial, entonces lo que nos faltaría para hacer esa multiplicación y que se convirtiera en vector es esa aceleración que utilizaríamos para que ese cuerpo se pueda mover, en el caso de la fuerza gravitacional utilizamos la constante de nueve punto y ocho por que también es una aceleración porque es en unidades cuadradas o algo así.*

En esta sección es claro que es donde se tiene un mayor número de participantes y donde mencionan un mayor número de conceptos correctos como vectores, aceleración que intentan recordar de memoria. Sin embargo, también es claro que Ludwing es quien sigue teniendo una mayor participación con una mayor cantidad de conceptos desviados o errados. Se puede observar que al ser Lizbeth, Lourdes y Mari Carmen estilo 1, tienen un tipo de respuesta similar, tratan de contestar sin introducir conflicto, en base a su

experiencia de lo que ellas sienten que es cierto, mientras que Ludwing al ser estilo 2 trata de argumentar mas formalmente para construir su concepto en lugar de repetir lo memorizado.

Después de haber conducido la charla alrededor de términos como fuerza, origen y tipos de fuerza, leyes de Newton etc. Se les pide a los estudiantes nuevamente su concepto de fuerza:

*Francisco: Mmm la fuerza también era una cantidad de movimiento en un tiempo.*

*Anaís: ¿Es algo que está relacionado con la potencia?*

*Jorge: Es lo que inicia el movimiento. Bueno yo pienso que por ejemplo al momento que golpeamos una bola, este el golpe trae cierta intensidad y desplaza cierto cacho, entonces llega hasta cierto punto lo que fue la fuerza del movimiento y entonces la energía que le resta es la que se mueve cuando pasa el efecto del golpe.*

*Ludwing: Exactamente tiene que ver con algo de lo que él (Jorge) decía, la energía a la que hacíamos referencia antes de la definición de fuerza, cuando nosotros aplicamos fuerza a un objeto y este objeto se mueve ¿Dónde está la energía? Esta energía utiliza el cuerpo para moverse, bueno y si ¿qué o por qué? Porque aparte recuerdo que teníamos otra fuerza que era la que se opone a todo movimiento que es la de fricción sino mal recuerdo que era la que tiene que vencer ese cuerpo para poderse mover, y entonces como el comentaba (Jorge) nosotros le aplicamos a una bola cierta fuerza y si esa fuerza no es suficiente para llegar a su destino o simplemente va a moverse cierta distancia, es porque la energía que ese cuerpo utiliza para moverse esa distancia la va consumiendo pues en el momento tal que ya no tiene energía para vencer las otras fuerzas , de fricción y otras fuerzas, se queda quieta porque ya no le alcanzó la energía que le suministramos.*

En este segmento es claro que mientras Jorge tiene una idea más clara en sus conceptos, Ludwing utiliza conceptos erróneos o desviados en su argumento donde usa lo dicho por Jorge en su ejemplo. Nuevamente la diferencia de estilos de aprendizaje de cada estudiante se refleja en su forma de argumentar su respuesta en los casos de Francisco y Ludwing al ser estilo 2 utilizan conceptos más “abstractos” mientras que Jorge al ser estilo 4 utiliza un ejemplo concreto, Anaís por otro lado es estilo 3, sin embargo es ella quien introduce un nuevo concepto errado, el concepto de potencia.

En este punto al ser reforzada la idea errónea de Ludwing acerca de la fuerza como una especie de energía se le pide al grupo reflexionar sobre la posible existencia de la relación entre energía y fuerza:

*Mari Carmen: Es que lo que pasa es que me acuerdo de una fórmula que creo fue la que planteó Einstein que era que la energía era igual a la masa por la velocidad de la luz al cuadrado.*

*Francisco: En la cantidad de movimiento. Es masa por velocidad. Mmm la fuerza también era una cantidad de movimiento en un tiempo.*

*Jorge: Es la cantidad que tarda en trasladarse un cuerpo de un lugar a otro dependiendo de la fuerza que se le haya...metido*

*Lourdes: ¿Es la velocidad?*

*Francisco: Es como el trabajo, bueno no es pero parecido, por ejemplo es el trabajo de un cuerpo lo que pesa moviéndose, digamos la intensidad con que va a moverse*

En esta sección se puede observar que en función de su estilo de aprendizaje los estudiantes tratan de expresar la relación entre energía y fuerza, en el caso de Francisco al ser estilo 2 utiliza conceptos “teóricos”, Jorge continua intentando expresarse en función de ejemplos concretos, Mari Carmen nuevamente al ser estilo 1 utiliza los conocimientos que cree correctos sin entrar conflicto con lo dicho hasta ese momento, de hecho introduce el *misconception* de la teoría de la relatividad dado que su experiencia le marca que la energía habla del término velocidad, lo cual provoca a su vez que Lourdes le dé la razón en ese término (ambas estilo 1).

Al tratar de cerrar la discusión se pide a los estudiantes una ronda final de definiciones sobre fuerza, estas son algunas de sus respuestas:

*Ludwing: Es toda energía aplicada a una masa y a su cambio de posición con respecto al tiempo.*

*Lizabeth: Sería energía que se aplica en un movimiento en un tiempo dado.*

*Lourdes: Lo mismo, están todos los conceptos juntos, o sea ya interviene lo que nos había dicho concepto de energía, fuerza, movimiento, la masa, todo tiene que ver, no nada más lo que habían dicho.*

*Anaís: Energía aplicada a una masa con un cierto tiempo.*

*Francisco: Cantidad de movimiento en un tiempo.*

*Jorge: Cantidad de movimiento en un tiempo dado con una velocidad.*

*Mari Carmen: Capacidad de mover un objeto a una cierta cantidad de velocidad, bueno en un tiempo dado. La fuerza es una cantidad que implica un dominio de tres parámetros, por ejemplo si decimos masa es una cantidad por ejemplo una bola, pero cuando decimos fuerza estamos involucrando, masa velocidad y tiempo, las tres cosas.*

Al final de la discusión se trataron de englobar los principales conceptos errados o desviados en relación a la fuerza encontrados en la discusión, estos se enlistan a continuación:

- La fuerza es un tipo de energía.
- La fuerza centrífuga, fuerza centrípeta y la fuerza de gravedad son tipos de fuerza.
- La fuerza tiene diferentes propiedades de acuerdo al cuerpo que se esté aplicando.
- Las leyes de Newton se refieren a mover cuerpos y a la reacción.
- Fuerza es igual a masa por aceleración.
- La cantidad de movimiento tiene que ver con la potencia o el trabajo.
- La fuerza de fricción es otro tipo de fuerza que se opone al movimiento.
- Existe la “fuerza de los planetas”.

Estos conceptos errados y desviados cumplen con lo reportado por estudios similares hechos sobre el concepto de fuerza reportados (McClelland, 1985, D.E. Brown, 1989). En este trabajo se observó que para el profesor es de gran utilidad el conocer los conceptos desviados y errados de los estudiantes para poder “organizar” su clase. En el caso de utilizar el Sistema 4MAT, el conocer estos conceptos errados y desviados permitieron que los pasos 2 y 3 (la clase teórica tradicional) fuese más eficaz y eficiente. El profesor pudo organizar el material de sus notas, de manera que reforzó los términos que resultaron evidentemente difíciles de precisar para los estudiantes, el caso particular fue hacer una clara diferencia entre los términos (aún no los conceptos) de fuerza y energía. También entre los estudiantes se encontró que el comenzar por medio de una discusión, les permitió hacer una primera “evaluación” de los conocimientos previos que tienen sobre el concepto de fuerza. En este momento es interesante hacer una aclaración, en este trabajo se utilizó como estudio de caso impartir el concepto de fuerza, por ser uno de los más básicos en la física, sin embargo se puede diseñar un

ciclo de aprendizaje similar y obtener resultados parecidos utilizando otros conceptos básicos en la física como el de calor o carga eléctrica.

El lenguaje corporal observado en los estudiantes en esta primera etapa hizo evidente que los estudiantes estilo 2 se muestran rechazo a intervenir en un principio de la discusión. Sin embargo, conforme ésta se desarrolla demuestran un mayor interés en participar, sin implicar con ello una gran comodidad en la actividad.

Como se mencionó en el capítulo anterior, se realizó un cuestionario al terminar el ciclo de aprendizaje para conocer tanto el aprovechamiento como la comodidad de los estudiantes en las diferentes actividades del ciclo. En dicho cuestionario se incluyeron cuestiones como su grado de satisfacción en la charla o la actividad favorita de los estudiantes para entender el concepto de fuerza, en la tabla 4.2 se muestran los resultados de su aplicación en el grupo matutino como ejemplo:

<b>Estudiante</b>	<b>Comodidad en la Discusión</b>	<b>Actividad de aprendizaje favorita</b>	<b>Combinación de Estilos de aprendizaje</b>
Lizabeth	Medio	Práctica de Laboratorio	1-4-2-3
Francisco	Nulo	Clase Teórica	2-3-1-4
Ludwig	Medio	Clase Teórica	2-1-4-3
Jorge	Medio	Práctica de Laboratorio	4-3-1-2
Anais	Medio	Clase Teórica	3-1-4-2
Mari Carmen	Alto	Discusión	1-2-4-3
Lourdes	Medio	Clase Teórica	2-1-3-4

**Tabla 4. 2 Comodidad de los estudiantes en la actividad.**

En la Tabla 4.2 la combinación de estilos de aprendizaje muestra el estilo de preferencia de mayor a menor grado, la magnitud de cada uno se mostró en la tabla 4.1 de esta sección. Analizando esta comodidad en relación a la primera actividad (la discusión grupal), Mari Carmen, manifiesta un grado alto de satisfacción con la discusión, situación que se esperaría de su combinación de estilos de aprendizaje al ser su estilo preponderante el estilo 1 y se refuerza con lo analizado en los párrafos anteriores, mientras que Lizabeth que a pesar que también tiene como estilo preponderante el estilo 1, manifiesta un grado de comodidad medio en la discusión, esta situación puede verse influida por su combinación particular de estilos de aprendizaje donde el segundo estilo de su preferencia fue el estilo 4, estilo que no se siente “cómodo” con actividades

grupales situación que se refleja en la poca participación en la discusión, mientras que en el caso de Mari Carmen, su segundo estilo preponderante es el estilo 2, estilo que tiene preferencias por escuchar las opiniones de expertos, situación que se esperaría de escuchar al maestro y algunos de los otros estudiantes en la charla.

En el otro extremo se encuentra Francisco, quien manifiesta que su grado de comodidad en la charla fue nulo, en este caso su combinación de estilos de aprendizaje muestra que su estilo preponderante es el estilo 2, es decir prefiere actividades teóricas, situación que también manifiesta en la tabla, además de tener como segundo estilo preponderante el estilo 3, que es contrario al estilo 1 en el sistema 4MAT.

El resto de los estudiantes manifiesta tener un grado de satisfacción medio con la discusión grupal situación que podría esperarse del hecho que el estilo de aprendizaje preponderante de los estudiantes no corresponde con el estilo 1, Jorge es estilo 4, Ludwig estilo 2 y Anaís estilo 3, sin embargo esta situación no fue obstáculo para su participación en la charla ni para la detección de conceptos errados y desviados. Es importante conocer el grado de satisfacción de los estudiantes y compararlo con el estilo de aprendizaje de los estudiantes para establecer la utilidad de la estrategia de aprendizaje.

En la Tabla 4.3 se muestra el número de intervenciones que tuvo cada estudiante en la discusión:

<b>Estudiante</b>	<b>Intervenciones</b>
Lizbeht	5
Francisco	21
Jorge	11
Ludwing	23
Anais	7
Mari Carmen	10
Lourdes	4

**Tabla 4.3. Participaciones por estudiante en la discusión.**

De la tabla anterior es claro que Francisco y Ludwing tienen un mayor número de participaciones, mientras que en el extremo contrario Lizbeth y Lourdes tienen muy bajo nivel de participación, casi una quinta parte de lo que tuvieron los estudiantes más participativos. No se debe perder de vista que el número de participaciones no es equivalente a que se tenga un grado de comodidad alto en la actividad, esto es claro en el caso de Francisco que a pesar de tener un grado nulo de comodidad en la discusión, es quien tiene el segundo número de participaciones, por otro lado Mari Carmen tiene



un grado alto de comodidad en la discusión y su número de participaciones se puede considerar medio, además algunas de las participaciones de los estudiantes eran con el fin de “completar” un argumento o una idea de una intervención anterior, esto sucedió varias ocasiones en los casos de Francisco y Ludwing. Otro aspecto a considerar es que el número de participaciones no necesariamente presentaba un nivel de argumentación alto, en los casos de Jorge y Francisco (como se mostró en algunos de los segmentos anteriores) sus intervenciones fueron muy directas, poco argumentadas, mientras que en el caso de Ludwing sus intervenciones fueron más largas y con argumentos amplios, sin implicar en ninguno de los dos casos (argumentos largos o cortos) que estos fuesen correctos ó errados.

Otro punto interesante es no solo la participación si no la forma en que se da, es notorio que Ludwing al tener un estilo 2 intenta ser más conceptual, mientras que Jorge al ser estilo 4 tiene respuestas menos argumentadas y más directas.

Un aspecto interesante es el que los estudiantes que participan menos comienzan a repetir en sus escasas intervenciones los conceptos errados de los estudiantes que argumentan más, en este caso siguen la idea de Ludwing.

En la actividad dos, la clase teórica, fue claro que los estudiantes estilo 4 se sintieron muy poco cómodos. La comunicación no verbal presentada por estos estudiantes manifestó un evidente “aburrimiento” y “rechazo” al mantener una actitud distante (brazos cruzados como ejemplo) y en el peor de los casos dormitaron como se puede apreciar con el tercer estudiante de izquierda a derecha en la Figura 4.1.



**Figura 4.1. Vista de la Clase Teórica**

Sin embargo, es de hacerse notar que conforme la clase avanza, los estudiantes Estilo 4 introdujeron en su forma de presentar dudas, elementos vistos en la actividad anterior al relacionarlos con los elementos teóricos presentados por el profesor. Los estudiantes Estilo 2 son quienes se sienten más cómodos con este tipo de actividad, situación que se refleja en su comunicación no verbal. Por otro lado, los estudiantes Estilo 3, suelen mostrar interés cuando el profesor realiza “ejercicios de ejemplo”, esto se manifiesta cuando dan seguimiento con sus gestos y utilizan las manos para ejemplificar los movimientos planteados en los problemas de ejercicio. Los estudiantes Estilo 1, son disciplinados pero poco participativos a iniciativa propia en la clase<sup>11</sup>.

Al iniciar la tercera actividad, la práctica de laboratorio, el grupo había tenido la oportunidad de confrontar sus creencias con el concepto teórico dado por el experto (maestro y libros en este caso), y estaban en posición de observar el fenómeno en el trabajo de laboratorio. Al igual que en las dos actividades anteriores, fue claro que estudiantes de estilo diferente al de la actividad se mostraron menos interesados en esta actividad, en este caso la actividad fue diseñada para atender el Estilo 3 de aprendizaje. Los estudiantes Estilo 1, se mostraron participativos al inicio de la actividad, sin embargo, conforme se desarrolló la práctica fueron relegados a un rol de observadores al no sentirse hábiles en el manejo del material y equipo. En el caso de los estudiantes Estilo 2, mostraron poco interés en el manejo del material y el equipo, sin embargo, en la toma de datos y su relación con los conceptos teóricos vistos con anterioridad se observó su participación más activa, en la Figura 4.2, es notorio el aislamiento que muestran estudiantes Estilo 2 (al fondo en la imagen).



**Figura 4.2. Vista de la práctica de laboratorio.**

---

<sup>11</sup> Es importante señalar que el estudio de la comunicación no verbal y la semiótica en la enseñanza de la física no es el objetivo principal de este trabajo. La mención que se hace en este trabajo es solo como apoyo al estudio que se hace del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física, sin tratar de profundizar en su aplicación.

Los estudiantes Estilo 3, fueron quienes manifestaron una mayor comodidad en esta actividad, les agrado en mayor medida el manejo del equipo y los materiales.

Los estudiantes Estilo 4 mostraron un comportamiento singular. En un principio, se expresaron poco con respecto a la práctica, sin embargo, conforme ésta se desarrollo fueron quienes propusieron un mayor número de variaciones al plan original de la práctica, ejemplo de esto fue que pusieron diversos pesos en el carro utilizado en el riel de aire, siempre bajo la pregunta ¿Qué pasa si...? (característica de el Estilo 4).

En esta etapa del ciclo, el grupo estaba en posición de utilizar los conocimientos adquiridos y aplicarlos a un caso particular. Para este fin, se propuso que los estudiantes se agruparan libremente y prepararán la exposición de una aplicación del tema vista, en este caso el concepto de fuerza. Debido al formato, el tipo y calidad de las exposiciones fue variado, sin embargo, de manera general, se pudieron observar algunos patrones comunes de acuerdo al estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes. En el caso de los estudiantes Estilo 1 preferían servir de apoyo en la exposición, sin involucrarse demasiado en la profundidad del contenido ó en la estructura de la presentación. En el caso de los estudiantes Estilo 2, ellos prefirieron exponer de manera individual, sin el apoyo de elementos técnicos (cañón, computadora, equipo de laboratorio, etc.), intentando presentar material al estilo del profesor en la clase teórica, exponiendo el tema de manera abstracta. Resultó curioso el hecho de que los estudiantes Estilo 2 no fueron cuestionados por el resto del grupo, a pesar de que presentaron errores muy claros para el profesor, sobre todo en el planeamiento de ecuaciones que iban más allá del tema sobre el que debían girar las exposiciones. Los estudiantes Estilo 3, presentaron trabajos de alta calidad en la simulación de computadora, sin profundizar en los elementos abstractos o teóricos del tema, su lenguaje no verbal y gestos los auxiliaron de manera importante en el transcurso de su exposición a diferencia de los estudiantes Estilo 2 que resultan ser mucho menos expresivos (muy similar a lo que se reporto del profesor de la clase teórica en el capítulo anterior). Los estudiantes Estilo 3 se muestran entusiastas en la exposición, asumiendo el papel de líder que se esperaría de las características propias de este estilo. Los estudiantes Estilo 4 mostraron los trabajos más creativos en el diseño de la exposición y la forma de presentarla. Presentan la forma en la cual ellos piensan se aplica el concepto en su vida diaria.



**Figura 4.3 Imágenes de las Exposiciones realizadas por los estudiantes.**

Es importante señalar que, a pesar de presentar en los párrafos anteriores las características generales observadas en los estudiantes en su exposición, todos presentaron conocimiento del tema, expresándolo en la forma que les es más cómoda. Con esta actividad se cerró el ciclo de aprendizaje. Después de la última actividad se aplicó el cuestionario para conocer como se habían sentido los estudiantes en las actividades y poder sondear su grado de satisfacción con las actividades de aprendizaje diseñadas en la investigación. En dicho cuestionario se incluyeron cuestiones como su grado de satisfacción en las actividades o la actividad favorita de los estudiantes para entender el concepto de fuerza. Un ejemplo de los resultados obtenidos se muestra en la Tabla 4.4.

Estudiante	Comodidad en la Discusión	Actividad de aprendizaje favorita	Combinación de Estilos de aprendizaje
Lizbeth	Medio	Práctica de Laboratorio	1-4-2-3
Francisco	Nulo	Clase Teórica	2-3-1-4
Ludwig	Medio	Clase Teórica	2-1-4-3
Jorge	Medio	Práctica de Laboratorio	4-3-1-2
Anais	Medio	Clase Teórica	3-1-4-2
Mari Carmen	Alto	Discusión	1-2-4-3
Lourdes	Medio	Clase Teórica	2-1-3-4

**Tabla 4.4 Comodidad de los Estudiantes en la Actividades.**

El cuestionario también preguntó dos cuestiones importantes para conocer el éxito de la estrategia, la primera fue el concepto de fuerza que tenían los estudiantes después de completar el ciclo. Es importante resaltar que no se buscó hacer una evaluación del conocimiento del estudiante con esta pregunta, sino evaluar el ciclo como estrategia de aprendizaje para la enseñanza de la física a nivel universitario. La segunda pregunta se refiere a como cambio el concepto de fuerza de los estudiantes en comparación con el concepto previo que tenían de este. No se debe de olvidar que el grupo de estudio estuvo conformado por estudiantes de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en

Sistemas Computacionales de la ESCOM-IPN, quienes cursaron en su primer semestre la materia de Física, por lo que pueden establecer un comparativo entre su curso tradicional con el ciclo de aprendizaje del Sistema 4MAT. Estas preguntas, a pesar de su evidente subjetividad, permiten hacer un análisis del Sistema 4MAT como estrategia de aprendizaje para la enseñanza de la física a nivel universitario.

Con los resultados presentados en este capítulo se está en posición de dar respuesta a las preguntas de investigación propuestas en el primer capítulo de este trabajo, respuestas que se presentan en el siguiente capítulo.

## 5 Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha tratado de establecer la utilidad del Sistema 4MAT para la enseñanza de la física a nivel universitario. En el primer capítulo de este trabajo de plantearon preguntas de investigación y se propusieron hipótesis de trabajo para dar respuesta a dichas preguntas. En este capítulo se muestran las conclusiones de aplicar el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario, y se comparan los resultados obtenidos de esta aplicación (presentados en el capítulo anterior) con las hipótesis presentadas en el primer capítulo de este trabajo para dar respuesta a las preguntas de investigación.

La primera pregunta de investigación planteada fue la siguiente:

*¿Cómo puede el Sistema 4MAT ser implementado a un curso de física a nivel universitario?*

Para esta pregunta se propuso la siguiente hipótesis:

*El Sistema 4MAT se puede aplicar a la enseñanza de la física en el nivel universitario al crear, desarrollar y aplicar estrategias de aprendizaje dirigidas a los cuatro estilos de aprendizaje y los dos hemisferios cerebrales, dentro de un ciclo de aprendizaje. Estas estrategias pueden ser evaluadas al cerrar el ciclo y calificar el aprendizaje logrado por los estudiantes.*

Después de hacer la investigación bibliográfica sobre el Sistema 4MAT, se pudo organizar un ciclo de aprendizaje que incluyó estrategias para los cuatro estilos de aprendizaje. Este ciclo de aprendizaje fue construido basado en un programa de física en uso actualmente, el de la materia de física de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la ESCOM-IPN. Las cuatro estrategias utilizadas en los ocho pasos del ciclo de aprendizaje, incluían en su programación actividades para estimular ambos hemisferios del cerebro. El ciclo de aprendizaje propuesto (presentado en el capítulo 3), cubrió completamente el tema de fuerza de acuerdo a las necesidades del programa de física de la ESCOM-IPN. El diseño del ciclo presento dificultades en la programación de las actividades en tiempo, es decir, el tiempo dedicado a cada actividad sobrepaso el tiempo asignado para impartir el tema por parte del programa de la ESCOM-IPN. No obstante, al implementar el ciclo se procuro hacer los ajustes en tiempo de manera que al ser utilizado en un curso normal, este ciclo se ajustara al tiempo propuesto para impartir el tema sugerido por el programa.

Otra dificultad que se encontró para el diseño del ciclo de aprendizaje, reside en los espacios físicos necesarios para la implementación del mismo. Al ser un ciclo orientado a la enseñanza de la física (en particular el tema de fuerza), se hace necesario el uso de un laboratorio, así como tener un espacio adecuado para la exposición temática por parte de los estudiantes. En el caso de este trabajo, se contó con el laboratorio de física de la ESCOM-IPN para la realización de las pruebas del ciclo, pero en condiciones normales este tipo de espacios no siempre están disponibles.

Finalmente, el diseño de las actividades permitió la evaluación de las mismas, tanto del proceso, como del resultado de su aplicación. La evaluación del proceso, tal como se mostró en el capítulo anterior, no lleva a que el ciclo de aprendizaje propuesto para la enseñanza del tema Fuerza, es susceptible de aplicar, abarcando la profundidad y objetivos del programa sobre el que se basó el diseño. La evaluación hecha por los estudiantes arroja como resultado un grado de satisfacción alto con las estrategias implementadas. Al incluir actividades que involucran a los cuatro estilos de aprendizaje, todos los estudiantes se sienten incluidos, por otro lado, se pueden retroalimentar del estilo de aprendizaje predominante de sus compañeros. Todos los estudiantes manifestaron comodidad en alguna de las actividades, por lo que al comparar el concepto de fuerza que manifestaron en el paso uno del ciclo, con lo expresado en el cuestionario final se notó una gran mejoría unos “*misconceptions*” menos marcados.

La segunda pregunta de investigación formulada fue la siguiente:

*¿Es viable el Sistema 4MAT para la enseñanza de la física a nivel universitario en tiempo, alcance de objetivos de un programa y adquisición de conocimientos y competencias de los estudiantes?*

La hipótesis planteada para dar respuesta fue:

*El Sistema 4MAT es adaptable a un programa de física a nivel universitario, de manera que se ajusta en tiempo y forma a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. El utilizar ciclos de aprendizaje utilizando el Sistema 4MAT permite desarrollar competencias en un mayor número de estudiantes al incluir a los estudiantes de los cuatro estilos, mejorando significativamente la calidad del aprendizaje.*

Como se mencionó anteriormente, en la implementación del ciclo de aprendizaje se hicieron adecuaciones para poder empatar en tiempo a lo solicitado por el programa de física de la ESCOM-IPN. El ciclo fue diseñado para abarcar lo solicitado por el programa de física de la ESCOM-IPN en lo referente a los temas a tocar, la profundidad y objetivos a cumplir. Por otro lado, al generar estrategias dirigidas específicamente a

cada estilo de aprendizaje, se pudo abarcar a la mayoría de los estudiantes, se desarrollaron sus competencias específicas para el aprendizaje de la física. Con la discusión estudiantes que no suelen expresar sus conceptos (correctos, errados, desviados, etc.), como los estudiantes Estilo 2, manifestaron estos conceptos, mientras que se tuvo una retroalimentación con el grupo. Con la clase teórica tradicional, los estudiantes desarrollaron el formar conceptos abstractos a partir de la guía del profesor y los libros de texto. Con la práctica del laboratorio, se estimulo el manejo de equipo y material, además del trabajo en equipo por parte de todos los estudiantes. Finalmente con la exposición, los estudiantes “aterrizaron” el concepto en una situación cercana a ellos, en el caso de estudio del ESCOM-IPN, se desarrollaron programas y simulaciones alrededor del tema de fuerza. Los estudiantes por otro lado, se sintieron cómodos en alguna de las etapas del ciclo, sin embargo, al ser una combinación de estilos con un estilo preponderante, aprovecharon en mayor o menor medida el resto de las actividades dirigidas a los estilos no predilectos, esto provocó que maximizaran su potencial para el aprendizaje del tema. Finalmente, la mejora significativa entre los conceptos de fuerza de los estudiantes, antes y después de la aplicación del ciclo en la mayoría de los estudiantes, permite concluir que el ciclo es una herramienta eficaz en la enseñanza de la física en el nivel universitario.

La tercera pregunta de investigación enunciada fue la siguiente:

*¿El Sistema 4MAT muestra ser eficiente en comparación con otros modelos educativos en la enseñanza de la física a nivel universitario?*

Mientras que la hipótesis formulada fue la siguiente:

*El Sistema 4MAT presenta un alto grado de eficiencia en la enseñanza de la física en comparación con la enseñanza tradicional, abarca a un mayor número de estudiantes al involucrar los cuatro estilos de aprendizaje, permite al instructor diseñar estrategias que lleven al “centro” a la mayoría de los estudiantes y que le permiten detectar conceptos errados o desviados con mayor facilidad, así como también diferenciar las actitudes de los estudiantes en función de su estilo de aprendizaje para poder interpretarlas y atenderlas, aumentando con esto la eficiencia en la enseñanza.*

El comparativo que se pudo establecer en principio fue contra la instrucción tradicional que recibieron los estudiantes. En el caso de estudio que presenta este trabajo, los estudiantes pudieron hacer un comparativo entre su primer curso de física del primer semestre de la carrera con el tema expuesto con el ciclo de aprendizaje basado en el Sistema 4MAT. Los estudiantes manifestaron una preferencia por el ciclo de



aprendizaje del Sistema 4MAT con respecto a su curso tradicional. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, los estudiantes manifestaron una mejora en los conceptos que expresan en relación con los conceptos adquiridos en su curso normal. Es importante mencionar que al conformar el grupo de estudio se les preguntó a los estudiantes la calificación obtenida y el profesor con quien cursaron la materia en su primer semestre. La evaluación cualitativa hecha del ciclo por medio de las exposiciones realizadas por los estudiantes, arrojó que todos los estudiantes mostraron un avance dentro del conocimiento del concepto de fuerza, avance que se expresó en los diversos estilos de los estudiantes, pero sin excepción, todos manifestaron un grado significativo de avance.

Con respecto a otros sistemas de enseñanza, el Sistema 4MAT presentó un buen grado de eficacia, el comparativo se puede establecer con los resultados reportados por Larkin (Larkin, 2003) y Bowers (Bowers, 1987). En el caso de Larkin, se reporta el uso del método de Dunn y Dunn, que también utiliza los estilos de aprendizaje, mientras que Bowers reporta el uso del Sistema 4MAT, solo que en este caso, a nivel bachillerato.

Al igual que Larkin, los resultados de este trabajo muestran la utilidad como herramienta de las estrategias basadas en los estilos de aprendizaje. Por otro lado, al comparar los resultados de este trabajo con los reportados por Bowers, se difiere en el hecho de que si se encuentran mejoras sustanciales en las actitudes y habilidades adquiridas por los estudiantes para el aprendizaje de la física, mientras que Bowers reporta que en estudiantes de bachillerato no se encuentran mejoras sustanciales en sus actitudes hacia la física.

No obstante las ventajas evidentes mostradas hasta el momento en este trabajo del Sistema 4MAT contra la enseñanza tradicional de la física a nivel universitario, es importante señalar varios aspectos en los que el Sistema 4MAT presenta desventajas con respecto a la enseñanza tradicional. La primera desventaja es el tiempo necesario para aplicar un ciclo de aprendizaje completo, en el ciclo de aprendizaje aplicado en este trabajo con respecto al tema de fuerza, se necesitaron 4.5 horas para completar el ciclo, tiempo que excede en más de 2 horas el tiempo asignado por el programa de la materia para estudiar el tema. No se debe de perder de vista que al ser un grupo de estudio, los tiempos para aplicar el ciclo pueden ser más lentos, sin embargo, aún con los ajustes, el aplicar de manera correcta y completa el ciclo de aprendizaje tendería a exceder los tiempos asignados para diversos temas. Otro aspecto importante en el que presenta desventajas el Sistema 4MAT, es sobre el equipo necesario para estudiar

algunos temas en el laboratorio, en este trabajo para realizar una práctica de laboratorio se requirió utilizar un riel de aire, cronómetros digitales, detectores de movimiento entre otros equipos, los cuales no siempre están disponibles o en la cantidad necesaria para cubrir a un grupo promedio de nivel universitario. Finalmente, otra desventaja con la que cuenta el Sistema 4MAT es sobre los instructores, en el nivel universitario los profesores generalmente son profesionales de la física, cuya formación ha sido hecha en la enseñanza tradicional, lo cual ha provocado que la gran mayoría tiendan a seguir este patrón favoreciendo al Estilo 2 de aprendizaje en sus clases, como se pudo ver en los pasos 2 y 3 de la aplicación del ciclo de aprendizaje en este trabajo por parte del profesor Olvera en la ESCOM-IPN. La movilización de los profesores a nuevas metodologías de enseñanza suele ser la parte más difícil de un cambio institucional para la mejora de la instrucción en general, y muy especialmente en la enseñanza de la física. Este trabajo muestra que el Sistema 4MAT, es una excelente herramienta para la enseñanza de la física a nivel universitario, ya que alcanza a cubrir a un mayor número de estudiantes al diseñar estrategias para los cuatro estilos de aprendizaje. Se pueden diseñar ciclos de aprendizaje que cubran un mayor número de temas (dependiendo de la profundidad y especialización del mismo) de manera que se logre abarcar en tiempo y forma los programas asignados a la materia de física. El Sistema 4MAT, vía los ciclos de aprendizaje, permite “ordenar” actividades para la enseñanza de la física que regularmente realizan los maestros, pero de una manera que ahora permita a estudiantes de todos los estilos apropiarse del conocimiento del tema en función de su propio estilo de aprendizaje. Con el Sistema 4MAT es posible detectar y eventualmente eliminar los errores conceptuales o los conceptos desviados (los llamados *misconceptions*) de los estudiantes por medio de las actividades diseñadas dentro del ciclo de aprendizaje.

## Referencias

*A Research-informed Approach*” “Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education”

Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1997). *Los estilos de aprendizaje*. Bilbao: Mensajero.

Bartolomé, A. y Alonso, C. (1992). *Principios comunes para la evaluación de los resultados cognitivos de la formación*. Barcelona: Eurotecné y Universidad de Barcelona.

Beltrán, J. (1990). “Aprendizaje”, en *Diccionario de Ciencias de la Educación*. Madrid: Paulinas.

Bowers, P. (1987). *The Effect of the 4MAT System on Achievement and Attitudes in Science*. Ph. D. Dissertation. University of North Carolina.

Butler, A. (1982). “*Learning Style Across Content Areas*”. En *Students Learning Styles and Brain Behavior: Programs, Instrumentation, Research*. Reston, Virginia: NASSP.

Claxton, C. S. y Ralston, Y. (1978). “*Learning Styles: Their Impact on Teaching and Administration*”. AAHE-ERIC Higher Education, Research Report, 10 (American Association for Higher Education, Washington, D.C.).

D.E. Brown (1989). “*Student's concept of force*”. *Physics Education*, Vol. 24, P353.

Díaz Bordenave, J. y Martins, A. (1986). *Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje*. San José, Costa Rica: Editorial IICA.

Dwyer, K. (1993). *Using the 4MAT System Learning Styles Model to Teach Persuasive Speaking in the Basic Speech Course*. Joint Meeting of the Southern States Communication Association (Lexington, KY, April, 14-18, 1993).

Esquembre, F. (2005). “*Creación de Simulaciones Interactivas en Java, Aplicación a la Enseñanza de la Física*”. Madrid, Pearson-Prentice Hall.

- Gallego, D. (2006). *“Diagnosticar los Estilos de Aprendizaje”*. Memorias del Segundo Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje, Concepción, Chile.
- Gastelú, A. (2000). *“Estilos de Aprendizaje y Hemisfericidad Cerebral “Una metodología de diseño instruccional”*”. México D. F.: ITESM-CCM.
- Goldin-Meadow ,S. , Gelman, S., Mylander, C. (2005). *“Expressing generic concepts with and without a language model”* Cognition 96 (2005) 109–126
- Gregorc, A. F. (1979). *“Learning/Teaching Styles: Potent Forces Behind Them”*. *Educational Leadership, January, 234-236*.
- Hammer, D. (1995). *“More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research”*. American Journal of Physics, 64 (10), 1316-1325.
- Harb, J. N., Olani Durrant, S., & Terry, R. E. (1993). *“Use of the Kolb learning cycle and the 4MAT system in engineering education”*. Journal of Engineering Education, 82(2), 70 – 77.
- Hilgard, E. R. (1979). *Teorías del Aprendizaje. México: Trillas*.
- Hunt, D. E. (1979). *“Learning Styles and Students needs: An introduction to conceptual level”*, en *Students Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs*. Reston, Virginia: NASSP. 27-38.
- IPN (2004). *“Nuevo Modelo Educativo para el IPN, Materiales para la Reforma”*. México, IPN.
- J.A.G. McClelland (1985). *“Misconceptions in mechanics and how to avoid them”* 1985 Physics Education, Vol. 20, P 159.
- Key, M. (1977). *“The Relationship of Verbal and Nonverbal Communication”*. Lake Forest, Illinois. Mouton Publisher.
- Kolb, D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of Learning and Development*. Englewood cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

- Larkin, T. (2003). "*Learning Styles in the Physics Classroom: A Research-informed Approach*". Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education.
- Larkin-Hein, T. (2001). "*Research on learning style: applications in the physics and engineering classrooms*". IEEE Transactions on Education, Vol. 4, Num. 3 276-281.
- Martinez, J. (2007). "*Análisis del grado de conocimiento declarativo y procedural de estudiantes en cursos de física universitaria*" Revista Mexicana de Física E 52 (2) 142-150
- McCarthy, B. (1987). *The 4MAT System Teaching to Learning Styles with Right/Left Mode Techniques*. Barrington, Illinois: EXCEL.
- McCarthy, B. y McCarthy, D. (2006). "*Teaching Around the 4MAT Cycle: Designing Instruction for diverse Learners Whit Diverse Learning Styles*". Thousand Oaks, California. Corwin Press.
- McCarthy, B., Samples, B. y Hammond, B. (1985). "*4MAT and Science toward wholeness in science education*". Barrington, Illinois: EXCEL.
- Ortíz, A. (1998). "*Simulación de Fenómenos Físicos*". México, D. F., Instituto Politécnico Nacional.
- Pérez Gómez, A. y Gimeno, J. (1992). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- R. Dunn, K. Dunn y G. Price. (1979). *Learning Style Inventory (LSI) for Students in Grades 3-12*. Laurence, Kansas 66044: Price Systems, Box 3067.
- Ramírez, M. (2004). "*Estilos de aprendizaje y desempeño académico*". Innovación Educativa, Vol. 4, Núm. 19, mayo-junio 2004, pág. 31-39.
- Riechmann, S. W. (1979). *Learning Styles: Their Role in Teaching Evaluation and Course Design*. Ann Arbor. Michigan: ERIC. ED 176136.
- Sampieri, Fernandez-Collado y Baptista, (2006). "*Metodología de la Investigación*". México, D. F. McGraw Hill.

Schmeck, R. R. (1982) “*Inventory of Learning Processes*”, en *Student learning Styles and Brain Behavior*, Ann Arbor. Michigan: ERIC. ED 227565.

Scott, H. (1994). *A Serious Look at the 4MAT Model*. Information Analyses. West Virginia State College Institute.

Siegman & Feldstein, (1987). “*Nonverbal behavior and Communications*”. Hillsdale, New Jersey. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Smith, R. M. (1988). *Learning how to Learn*. Milton Keynes, U.K.: Open University Press. Volume 44, Issue 3, Aug 2001 Page(s):276 – 281

West, T. (1991). *The Mind's Eye: Visual Thinkers, Gifted People with Learning difficulties, Computer Images and the Ironies of Creativity*. Buffalo, NY: Prometheus Press. 1991.

Zabalza, M.A. (1991). “*Fundamentación de la Didáctica y del Conocimiento didáctico*”, en A. Medina y M. L. Sevillano (coord.). *El Currículum: Fundamentación, Diseño, Desarrollo y Educación*. Madrid: UNED.

## **6 Anexos**

### **Anexo 1**

Programa de la materia de Física de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la ESCOM-IPN.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS  
FÍSICO MATEMÁTICAS

**PROGRAMA SINTÉTICO**

**CARRERA:** Ingeniería en Sistemas Computacionales

**ASIGNATURA:** Física

**SEMESTRE:** Primero

**OBJETIVO GENERAL:**

El alumno aplicará los conceptos básicos de la cinemática y la dinámica, de las magnitudes de las interacciones electromagnéticas entre sistemas de partículas cargadas y las leyes del electromagnetismo, a la solución de problemas relacionados con partículas y movimientos oscilatorios. Vinculará los conocimientos adquiridos en el aula con los fenómenos físicos reales presentes tanto en la naturaleza como en los desarrollos tecnológicos.

**CONTENIDO SINTÉTICO:**

Unidad I.- Dinámica y principios de conservación.

Unidad II.- Interacciones eléctricas.

Unidad III.- Interacciones Magnéticas.

**METODOLOGÍA:**

Se utilizará la metodología del aprendizaje grupal, la cual requiere la participación activa y constante de los asistentes, análisis de la información que posibilite la integración de los aspectos teóricos, análisis y solución de problemas.

**EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN:**

- ✓ 80% de asistencia para tener derecho a examen.
- ✓ Realización de tres exámenes parciales.
- ✓ Entrega de trabajos realizados en clase
- ✓ Participación en actividades individuales y de equipo
- ✓ Entrega de prácticas.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Halliday, David; Resnick, Robert & Krane, Kenneth S.; "*Física Vol. I y II.*"; CECSA, México, 1999  
3ª. Ed. en español 658 pgs.

Serwa, Raymond A. : "*Física Vol. I y II*"; Mc Graw Hill, México, 1993; 3ª. Ed. 637 pgs.

Susan M Lean; "*Física vol 1 y 2 "Naturaleza de las cosas"*"; Internacional Thomson, México, 1998  
1ª. Ed. 753 pgs., Vol. I y II





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS  
FÍSICO MATEMÁTICAS

**ESCUELA:** ESCOM  
**CARRERA:** Ingeniería en Sistemas Computacionales  
**OPCIÓN:** Tronco común  
**COORDINACIÓN:** Academia de Física Matemática  
**DEPARTAMENTO:** Ciencias Básicas

**ASIGNATURA:** Física  
**SEMESTRE:** Primero  
**CLAVE:** SISDIN101  
**CRÉDITOS:** 7.5  
**VIGENTE**  
**TIPO DE ASIGNATURA:** Teórico/Práctica  
**MODALIDAD:** Escolarizado

**TIEMPOS ASIGNADOS**

HRS/SEMANA/TEORÍA: 3.0  
HRS/SEMANA/PRÁCTICA: 1.5

HRS/SEMESTRE/TEORÍA: 54.0  
HRS/SEMESTRE/PRÁCTICA: 27.0

HRS/TOTALES: 81.0

**PROGRAMA ELABORADO O ACTUALIZADO**  
POR: Departamento de Ciencias Básicas.  
**REVISADO POR:** Subdirección Académica  
**APROBADO POR:** Consejo Técnico Consultivo Escolar  
ESCOM

**AUTORIZADO POR:** Comisión de Planes y Programas de Estudio del  
Consejo General Consultivo



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS  
FÍSICO MATEMÁTICAS

ASIGNATURA: Física

CLAVE: SISDIN101

HOJA: 2 DE 7

### FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

La física es la más fundamental y general de las ciencias y ha tenido un profundo efecto en todo el desarrollo científico, estudiantes de muchas disciplinas se encuentran estudiando Física a causa del papel básico que esta juega en todos los fenómenos., su conocimiento nos permite entender mejor el mundo que nos rodea, así como el funcionamiento de los sistemas desarrollados por las tecnologías modernas. Son necesarios los conocimientos adquiridos en el nivel medio superior para su mejor comprensión.

El curso por ser teórico-práctico, debe incluir una parte dedicada a la exposición de las teorías una parte en la cual se apliquen las teorías expuestas a la solución de problemas y otra experimental. La parte experimental se lleva a cabo en el laboratorio mediante prácticas y tiene por objeto permitir que el estudiante compruebe las teorías enunciadas en clase, a través de la comparación de sus resultados con los predichos teóricamente, se incluye el uso de las computadoras tanto en paquetes especializados como programas que los propios estudiantes realicen. Las asignaturas colaterales en las que se apoya son: Análisis Vectorial y Cálculo I y las asignaturas consecuentes son: Circuitos Eléctricos, Ecuaciones Diferenciales, Métodos Matemáticos de la Ingeniería y todas las derivadas de la electrónica.

### OBJETIVO DE LA ASIGNATURA

El alumno aplicará los conceptos básicos de la cinemática y la dinámica, de las magnitudes de las interacciones electromagnéticas entre sistemas de partículas cargadas y las leyes del electromagnetismo, a la solución de problemas relacionados con partículas y movimientos oscilatorios. Vinculará los conocimientos adquiridos en el aula con los fenómenos físicos reales presentes tanto en la naturaleza como en los desarrollos tecnológicos.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS  
 FÍSICO MATEMÁTICAS

ASIGNATURA: Física

CLAVE: SISDIN101

HOJA: 3 DE 7

**No. UNIDAD I** **NOMBRE: Dinámica y principios de conservación**

**OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

El alumno aplicará las ecuaciones de Newton y derivará los principios emanados de estas ecuaciones, asimismo resolverá algunos problemas prácticos.

No. TEMA	TEMAS	HORAS			CLAVE BIBLIOGRÁFICA
		T	P	EC	
<b>I.1</b>	<b>Introducción a la Operación de Vectores</b>	1.5		3	1.B, 2C
I.1.1	Suma y multiplicación por un escalar				
I.1.2	Magnitud y componentes de un vector		3		
<b>I.2</b>	<b>Cinemática</b>	6.0		3	1.B, 4C
I.2.1	Movimiento rectilíneo uniforme				
I.2.2	Movimiento rectilíneo uniformemente Acelerado				
I.2.3	Movimiento en el Plano				
<b>I.3</b>	<b>Leyes de Newton</b>	3.0		6	1.B, 2C
<b>I.4</b>	<b>Aplicaciones de Leyes de Newton</b>	7.5	3		1.B, 6C
I.4.1	Fuerzas Constantes				
I.4.2	Peso, Fuerza Normal y Fuerzas de Fricción				
I.4.3	Movimiento Circular Uniforme				
<b>I.5</b>	<b>Conservación de Movimiento Lineal</b>			6	1.B, 6C
<b>I.6</b>	<b>Trabajo y Energía</b>	1.5			1.B, 5C
I.6.1	Trabajo efectuado por una Fuerza	4.5			
I.6.2	Energía Cinética y el Teorema de Trabajo-Energía Potencial				
<b>I.7</b>	<b>Conservación de la Energía</b>		3	3	1.B, 5C
I.7.1	Fuerzas conservativas	4.5			
I.7.2	Sistema conservativos				
<b>Subtotal:</b>		<b>28.5</b>	<b>9</b>	<b>21.0</b>	

**ESTRATEGIA DIDÁCTICA**

Exposición del profesor mediante el uso del pizarrón, retroproyector de acetato, proyector digital (cañón).  
 Solución de problemas del material bibliográfico por parte del alumno.  
 Uso de Laboratorio de Física General, para realización de trabajos y prácticas.

**PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Al inicio de la unidad se aplica un examen diagnóstico.  
 Se asignan ejercicios para realizarse en clase y extraclase que se toman en cuenta en la calificación.  
 Los contenidos de la unidad uno y de la unidad dos hasta los puntos 2.2 formarán el primer examen parcial.  
 Elaboración de práctica y elaboración del reporte por parte de alumno.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS  
FÍSICO MATEMÁTICAS

ASIGNATURA: Física

CLAVE: SISDIN101

HOJA: 6 DE 7

RELACIÓN DE PRÁCTICAS

PRACT. No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	UNIDAD	DURACIÓN	LUGAR DE REALIZACIÓN
1	Ajuste por mínimos cuadrados	I	3	Laboratorio de física de la ESCOM
2	Cinemática	I	3	
3	Leyes de Newton	I	3	
4	Conservación de la Energía	I	3	
5	Ley de Coulomb	II	3	
6	Campo eléctrico (Cuantización de la carga eléctrica)	II	3	
7	Capacitores y dieléctricos	II	3	
8	Campo Magnético (interacciones entre conductores de corriente)	III	3	
9	Ley de Ampere	III	3	
	<b>Subtotal</b>		<b>27</b>	



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS  
 FÍSICO MATEMÁTICAS

ASIGNATURA: Física

CLAVE: SISDIN101

HOJA: 7 DE 7

PERÍODO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	
1	I II	Examen diagnóstico sin calificación Examen escrito 80% + Prácticas 20%= 100%	
2	II ,III	Examen escrito 80% + Prácticas 20%= 100%	
3	III	Examen escrito 80% + Prácticas 20%= 100%	
No.	CLAVE		BIBLIOGRAFÍA
	B	C	
1	X		Halliday, David; Resnick, Robert & Krane, Kenneth S.; <i>"Física Vol. I y II."</i> ; CECSA, México, 1994;4ª. Ed. 658 pgs.
2		X	Serwa, Raymond A. ; <i>"Física Vol. I y II"</i> ;Mc Graw Hill, , México, 1993;3ª. Ed. 637 pgs.
3	X		Susan M Lean; <i>"Física vol 1 y2 " Naturaleza de las cosas" </i> ;Internacional Thomson , México, 1998;1ª. Ed. 753 pgs., Vol. I y II

## Anexo 2

Cuestionario de estilos de aprendizaje utilizado para caracterizar a los estudiantes del grupo.

### Cuestionario de Estilo de Aprendizaje

**Instrucciones:** Las siguientes preguntas están diseñadas para detectar preferencias referentes a su estilo de aprendizaje. Al aprender ¿cual opción lo describiría mejor? Usando 4, 3, 2 y 1. Coloque 4 en la opción que mejor lo describa y 1 en la que menos lo describa. Entonces coloque las opciones 2 y 3 en los espacios restantes. Debe colocar los cuatro números. No repita ó iguale opciones.

<b>1.- Soy excelente cuando...</b>			
tomo decisiones realistas <input type="text" value="4"/>	llego a conclusiones precisas <input type="text" value="3"/>	descubro relaciones ocultas <input type="text" value="2"/>	entiendo los sentimientos de las personas <input type="text" value="1"/>
<b>2.- Es más importante que un ambiente de aprendizaje...</b>			
sea dinámico <input type="text" value="4"/>	te haga pensar <input type="text" value="3"/>	sea colaborativo <input type="text" value="2"/>	este orientado hacia la tarea <input type="text" value="1"/>
<b>3.- Aprendo mejor al...</b>			
experimentar y manipular <input type="text" value="4"/>	escuchar y compartir <input type="text" value="3"/>	intuir y explorar <input type="text" value="2"/>	reflexionar y pensar <input type="text" value="1"/>
<b>4.- La gente me identifica como una persona...</b>			
productiva <input type="text" value="4"/>	creativa <input type="text" value="3"/>	sensible <input type="text" value="2"/>	lógica <input type="text" value="1"/>
<b>5.- Una de mis fortalezas es...</b>			
mi experiencia al planear <input type="text" value="4"/>	mi entusiasmo <input type="text" value="3"/>	mi practicidad <input type="text" value="2"/>	mi capacidad de escuchar <input type="text" value="1"/>

<b>6.- Al aprender disfruto...</b>			
explorar posibilidades ocultas <input type="text" value="4"/>	organizar ideas <input type="text" value="3"/>	crear relaciones propias <input type="text" value="2"/>	producir resultados <input type="text" value="1"/>
<b>7.- Me esfuerzo al lograr...</b>			
consenso <input type="text" value="4"/>	precisión <input type="text" value="3"/>	eficiencia <input type="text" value="2"/>	aventura <input type="text" value="1"/>
<b>8.- Generalmente soy...</b>			
creativo <input type="text" value="4"/>	preciso <input type="text" value="3"/>	decisivo <input type="text" value="2"/>	intuitivo <input type="text" value="1"/>
<b>9.- Tiendo a ser...</b>			
impulsivo <input type="text" value="4"/>	muy sensible <input type="text" value="3"/>	muy ansioso por concluir <input type="text" value="2"/>	muy critico <input type="text" value="1"/>
<b>10.- Generalmente soy...</b>			
cooperativo <input type="text" value="4"/>	ordenado <input type="text" value="3"/>	directo <input type="text" value="2"/>	libre <input type="text" value="1"/>
<b>11.- Los ambientes de aprendizaje deben enfatizar...</b>			
el sentido común <input type="text" value="4"/>	la claridad del razonamiento <input type="text" value="3"/>	el compromiso con los valores personales <input type="text" value="2"/>	la adaptación al cambio <input type="text" value="1"/>
<b>12.- Estoy más cómodo con gente que es...</b>			
solidaria <input type="text" value="4"/>	innovadora <input type="text" value="3"/>	productiva <input type="text" value="2"/>	racional <input type="text" value="1"/>
<b>13.- Particularmente tengo fricciones con personas que son...</b>			
rigidas <input type="text" value="4"/>	desorganizadas <input type="text" value="3"/>	indecisas <input type="text" value="2"/>	agresivas <input type="text" value="1"/>
<b>14.- Generalmente ...</b>			
soy estudioso <input type="text" value="4"/>	estoy orientado hacia la gente <input type="text" value="3"/>	tengo los pies en la tierra <input type="text" value="2"/>	innovador <input type="text" value="1"/>

**15.- Preferiria...**

hacer del mundo un lugar más feliz <input type="text" value="4"/>	adquirir conocimientos <input type="text" value="3"/>	resolver problemas prácticos <input type="text" value="2"/>	crear nuevas maneras de hacer las cosas <input type="text" value="1"/>
<input type="text"/>			



### Anexo 3

Cuestionario de hemisfericidad cerebral utilizado para caracterizar a los estudiantes del grupo.

#### **Cuestionarios de Hemisfericidad Cerebral**

**Instrucciones:** Para cada elemento numerado elija la opción que mejor lo describa

<b>1.- Al aprender prefiero un ambiente...</b>	
<input type="checkbox"/> silencioso	<input type="checkbox"/> activo
<b>2.- Al aprender, prefiero...</b>	
<input type="checkbox"/> reflexionar antes de actuar	<input type="checkbox"/> actuar y luego reflexionar
<b>3.- Tiendo a...</b>	
<input type="checkbox"/> pensar mucho	<input type="checkbox"/> hablar de mis ideas
<b>4.- Soy...</b>	
<input type="checkbox"/> público	<input type="checkbox"/> privado
<b>5.- Prefiero...</b>	
<input type="checkbox"/> iniciar	<input type="checkbox"/> evaluar
<b>6.- La gente me consideraría...</b>	
<input type="checkbox"/> orientado a la acción	<input type="checkbox"/> reflexivo
<b>7.- Al resolver problemas...</b>	
<input type="checkbox"/> pondero	<input type="checkbox"/> experimento
<b>8.- Generalmente soy...</b>	
<input type="checkbox"/> reservado	<input type="checkbox"/> enérgico
<b>9.- La gente me considera...</b>	
<input type="checkbox"/> parlanchin	<input type="checkbox"/> callado
<b>10.- Tiendo más a ser...</b>	
<input type="checkbox"/> extrovertido	<input type="checkbox"/> introvertido
<b>11.- Prefiero aprender tareas...</b>	
<input type="checkbox"/> individuales	<input type="checkbox"/> grupales
<input type="text"/>	

## Anexo 4

Notas de la materia de física del profesor Miguel Olvera Aldana, utilizadas para impartir la clase teórica.



file:///C:/Documents%20and%20Settings/MARIO/Mis%20documentos/doctorado/Fisica/Elementos/1

## Leyes de Newton

1.- Toda partícula permanece en estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta (es decir, con velocidad constante) a menos que actúe una fuerza sobre ella.

2.- Si actúa una fuerza  $\vec{F}$  (externa) sobre una partícula de masa  $m$  y como consecuencia ésta se mueve con una velocidad  $\vec{v}$ , entonces

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

donde  $\vec{p} = m\vec{v}$  se llama momentum o cantidad de movimiento. Si  $m$  es independiente del tiempo  $t$ , entonces

$$\vec{F} = \frac{m d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

donde  $\vec{a}$  es la aceleración de la partícula.

3.- Si la partícula 1 actúa sobre una partícula 2 con una fuerza  $\vec{F}_{12}$  en dirección de la línea que une las partículas, la partícula 2 actúa sobre la partícula 1 con una fuerza  $\vec{F}_{21}$  por lo tanto,  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ . En otras palabras, para toda acción existe una reacción igual y opuesta.

## Sistemas de referencia

Para poder hablar de las leyes de Newton, es necesario, hablar de los sistemas de referencia. El sistema de referencia es el punto de donde el observador analizaría el problema.

Se considera un sistema de referencia inercial a todo sistema de referencia fijo sobre la superficie de la tierra o sobre cuerpos que permanecen inmóviles o bien su movimiento es rectilíneo uniforme con relación a la superficie terrestres.

A los sistemas no inerciales pertenece todo sistema de coordenadas que se mueve con cierta aceleración.

## Fuerzas de contacto

Las fuerzas de contacto son tan cotidianas que a cualquiera le resulta útil comprender su comportamiento, con independencia de que sea un científico, un ingeniero o un trabajador casi cualquier profesión. Un efecto obvio de las fuerzas de contacto es que evitan que los objetos

**Anexo 5**

Práctica sobre leyes de Newton diseñada por el profesor Eduardo Chávez Lima, utilizada como práctica de laboratorio en este trabajo.

**Instituto Politécnico Nacional**  
**Escuela Superior de Cómputo**  
**Departamento de Ciencias Básicas**  
**Laboratorio de Física**  
**Práctica III**  
**“Leyes de Newton I”**

**Materia: Física**

Agosto/2007

## VELOCIDAD, ACELERACIÓN E ÍMPETU.

### INTRODUCCIÓN:

Velocidad, variación de la posición de un cuerpo por unidad de tiempo. La velocidad es un vector, es decir, tiene módulo (magnitud), dirección y sentido. La magnitud de la velocidad, conocida también como rapidez o celeridad, se suele expresar como distancia recorrida por unidad de tiempo (normalmente, una hora o un segundo); se expresa, por ejemplo, en kilómetros por hora o metros por segundo. Aceleración, se conoce también como aceleración lineal, y es la variación de la velocidad de un objeto por unidad de tiempo. La velocidad se define como vector, es decir, tiene módulo (magnitud), dirección y sentido. Ímpetu, Movimiento acelerado y violento.

### OBJETIVOS:

Conocer la velocidad de un objeto que se desplaza por una línea recta a diferentes distancias. Tomando en cuenta los tiempos de desplazamiento, tomados por un cronómetro.

Determinar la aceleración de dicho objeto.

Dar a conocer el ímpetu del objeto.

Determinar el ímpetu del objeto con diferentes masas aumentadas.

Ver si la velocidad aumenta o disminuye con forme la masa aumenta.

Observar la velocidad del objeto, con las masas jalando de él.

### MATERIAL UTILIZADO:

Un colchón de aire (regla de dos metros con salida de aire).

Una aspiradora

Un objeto deslizante (que se moviera sobre el colchón).

Cuatro pequeñas pesas de 50 gr. cada una.

Un cronómetro eléctrico.

Hilo y una polea para el desplazamiento de las pesas.

### DESARROLLO:

Observamos el desplazamiento del objeto atreves del colchón de aire, por una distancia de 40 cm; tomamos los tiempos y sacamos los siguientes resultados:

	TIME	TIMER
1		
2		
3		
4		
5		

6		
7		
8		
9		
10		

Tiempo promedio (time)  
Tiempo promedio (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

2.- Ahora en una distancia de 80 cm.

	TIME	TIMER
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tiempo promedio (time):  
Tiempo promedio (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

3.- Continuamos con una distancia de 120 cm.

	TIME	TIMER
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

8		
9		
10		

Tiempo promedio (time):

Tiempo promedio (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

4.- Ahora con una distancia de 160 cm.

	TIME	TIMER
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tiempo promedio (time):

Tiempo promedio (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

5.- En este caso aumentamos 100 gr a la masa actual. (Todas las cantidades en timer)

	40 cm	80 cm	120 cm	160 cm
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tiempo promedio 40 cm (timer):  
 Tiempo promedio 80 cm (timer):  
 Tiempo promedio 120 cm (timer):  
 Tiempo promedio 160 cm (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

6.- En este caso aumentamos 200 gr a la masa actual. (Todas las cantidades en timer)

	40 cm	80 cm	120 cm	160 cm
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tiempo promedio 40 cm (timer):  
 Tiempo promedio 80 cm (timer):  
 Tiempo promedio 120 cm (timer):  
 Tiempo promedio 160 cm (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

7.- Ahora realizamos el experimento haciendo que las pesas jalen el objeto y obtuvimos lo siguiente:

A 1 metro de distancia				
	50 gr	100 gr	150 gr	200 gr
1				
2				
3				
4				
5				
A 2 metros de distancia				
	50 gr	100 gr	150 gr	200 gr
1				



2				
3				
4				
5				

A 1 metro de distancia:

Tiempo promedio 50 cm (timer):

Tiempo promedio 100 cm (timer):

Tiempo promedio 150 cm (timer):

Tiempo promedio 200 cm (timer):

$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

A 2 metros de distancia:

Tiempo promedio 50 cm (timer):

Tiempo promedio 100 cm (timer):

Tiempo promedio 150 cm (timer):

Tiempo promedio 200 cm (timer):

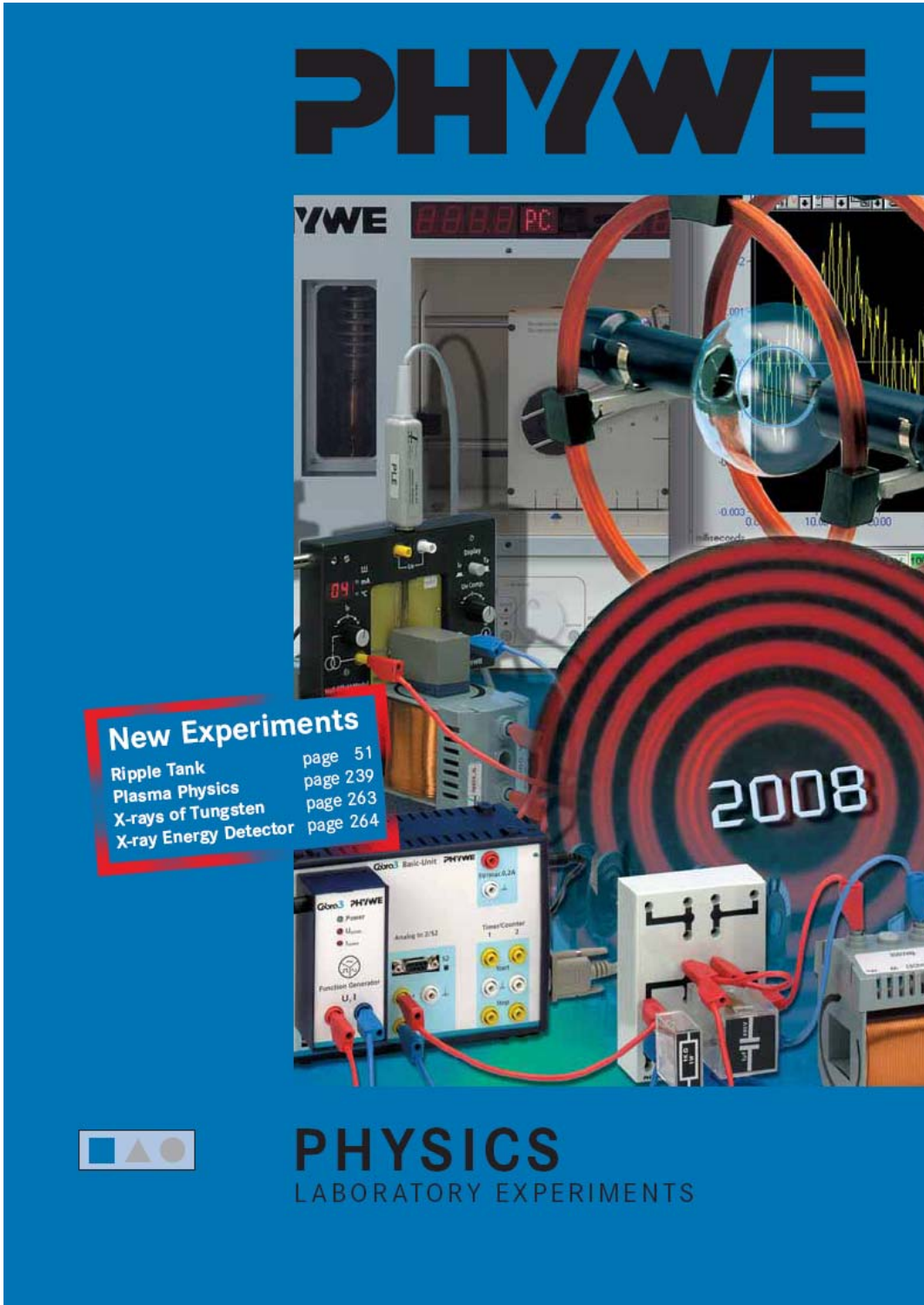
$$v = \frac{d}{t} \quad ; \quad a = \frac{v}{t} \quad ; \quad P = mv$$

CONCLUSIÓN: (ejemplo)

Obtuvimos claros resultados sobre lo que queríamos ver y demostrar a la vez; lo cual era ver si un cuerpo al aumentarle su masa, su velocidad, su aceleración y su ímpetu, se mantenían constantes, pero después de el experimento logramos observar que mientras la masa aumenta, el tiempo también iba aumentando a conforme lo hacia la distancia del desplazamiento; por lo cual la velocidad aumentaba y la aceleración de igual manera, el ímpetu de manera proporcional también variaba, lo que hacía que nos diéramos cuenta que todas estas medidas variaban con forme la otra lo hacía ya que son proporcionales sus componentes entre sí.

## Anexo 6

Manual de uso de la compañía PEWHE, en el cuál se basó la práctica de laboratorio.



The image shows the cover of a physics laboratory manual. The top half features the word "PHYWE" in large, bold, black letters on a blue background. Below this, a photograph of laboratory equipment is shown, including a computer monitor displaying a graph, a function generator, and various cables. A red and black target-like graphic with the year "2008" is overlaid on the right side of the photograph. A red-bordered box on the left side of the photograph contains the text "New Experiments" followed by a list of experiments and their page numbers. At the bottom left of the cover, there is a small icon consisting of a square, a triangle, and a circle. The bottom right of the cover features the word "PHYSICS" in large, bold, black letters, with "LABORATORY EXPERIMENTS" in smaller, black letters below it.

# PHYWE

**New Experiments**

Ripple Tank	page 51
Plasma Physics	page 239
X-rays of Tungsten	page 263
X-ray Energy Detector	page 264

2008

**PHYSICS**  
LABORATORY EXPERIMENTS

## Summary




# 1

## Mechanics

<b>1.1</b>	<b>Measurement Techniques</b>	
1.1.01-00	Measurement of basic constants: length, weight and time	
<b>1.2</b>	<b>Statics</b>	
1.2.01-00	Moments	
1.2.02-00	Modulus of elasticity	
1.2.03-00	Mechanical hysteresis	
<b>1.3</b>	<b>Dynamics</b>	
1.3.01-01	Hooke's law	
1.3.01-11	Hooke's law with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.03-01/05	Newton's second law / Air track or Demonstration track	
1.3.03-11/15	Newton's second law with Cobra3 / Air track or Demonstration track	<b>Cobra3</b>
1.3.05-01/05	Laws of collision / Air track or Demonstration track	
1.3.05-11/15	Laws of collision with Cobra3 / Air track or Demonstration track	<b>Cobra3</b>
1.3.07-01	Free fall	
1.3.07-11	Free fall with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.09-01	Determination of the gravitational constant with a Cavendish balance	<b>Cobra3</b>
1.3.11-00	Projectile motion	
1.3.12-00	Ballistic Pendulum	
1.3.13-01	Moment of inertia and angular acceleration	
1.3.13-11	Moment of inertia and angular acceleration with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.15-00	Moment and angular momentum	
1.3.16-01	Centrifugal force	
1.3.16-11	Centrifugal force with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.18-00	Mechanical conservation of energy / Maxwell's wheel	
1.3.19-00	Laws of gyroscopes / 3-axis gyroscope	
1.3.20-00	Laws of gyroscopes / cardanic gyroscope	
1.3.21-00	Mathematical pendulum	
1.3.22-00	Reversible pendulum	
1.3.23-01	Pendulum oscillations / variable g pendulum	
1.3.23-11	Pendulum oscillations with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.25-01	Coupled Pendula	
1.3.25-11	Coupled Pendula with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.26-11	Harmonic oscillations of spiral springs – Springs linked in parallel and series	<b>Cobra3</b>
1.3.27-01	Forced Oscillations – Pohl's pendulum	
1.3.27-11	Forced Oscillations – Pohl's pendulum; Determination of resonance frequencies by Fourier analysis	<b>Cobra3</b>
1.3.28-01	Moments of inertia / Steiner's theorem	
1.3.28-11	Moments of inertia of different bodies / Steiner's theorem with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.30-00	Torsional vibrations and torsion modulus	
1.3.31-00	Moment of inertia and torsional vibrations	
1.3.32-00	The propagation of a periodically excited continuous transverse wave	
1.3.33-00	Phase velocity of rope waves	
1.3.34-00	Wave phenomena in a ripple tank	
1.3.35-00	Interference and diffraction of water waves with the ripple tank	
<b>1.4</b>	<b>Mechanics of Liquids and Gaseous Bodies</b>	
1.4.01-00	Density of liquids	
1.4.02-00	Surface of rotating liquids	
1.4.03-00	Viscosity of Newtonian and non-Newtonian liquids (rotary viscometer)	

1.4.04-00	Viscosity measurements with the falling ball viscometer	
1.4.05-00	Surface tension by the ring method (Du Nouy method)	
1.4.06-11	Surface tension by the pull-out method with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.4.07-00	Barometric height formula	
1.4.08-00	Lift and drag (resistance to flow)	

<b>1.5</b>	<b>Mechanical Vibration, Acoustics</b>	
1.5.01-00	Vibration of strings	
1.5.03-11	Velocity of sound in air with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.5.04-01/11	Acoustic Doppler effect	<b>Cobra3</b>
1.5.05-15	Chladni figures with FG-Module	
1.5.06-01/15	Velocity of sound using Kundt's tube	<b>Cobra3</b>
1.5.07-01/15	Wavelengths and frequencies with a Quincke tube	<b>Cobra3</b>
1.5.08-11	Resonance frequencies of Helmholtz resonators with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.5.09-11	Interference of acoustic waves, stationary waves and diffraction at a slot with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.5.10-00	Optical determination of velocity of sound in liquids	
1.5.11-00	Phase and group velocity of ultrasonics in liquids	
1.5.12-00	Temperature dependence of the Velocity of sound in liquids	
1.5.13-00	Stationary ultrasonic waves, determination of wavelength	
1.5.14-00	Absorption of ultrasonic in air	
1.5.15-15	Ultrasonic diffraction at different single and double slit systems	
1.5.16-15	Ultrasonic diffraction at different multiple slit systems	
1.5.17-15	Diffraction of ultrasonic waves at a pin hole and a circular obstacle	
1.5.18-00	Diffraction of ultrasound at a Fresnel zone plate / Fresnel's zone construction	
1.5.19-15	Interference of two identical ultrasonic transmitters	
1.5.20-00	Interference of ultrasonic waves by a Lloyd mirror	
1.5.21-11	Determination of the velocity of sound (sonar principle)	
1.5.22-00	Ultrasonic Michelson-Interferometer	
1.5.23-00	Ultrasonic diffraction by a straight edge	
1.5.24-15	Ultrasonic Doppler effect	

<b>1.6</b>	<b>Handbooks</b>	
	Physics Experiments – Linear Motion	
	Physics Demonstration Experiments – Magnet Board Mechanics 1	
	Magnet Board Mechanics 2	

# 2

## Optics

<b>2.1</b>	<b>Geometrical Optics</b>	
2.1.01-00	Measuring the velocity of light	
2.1.02-00	Laws of lenses and optical instruments	
2.1.03-00	Dispersion and resolving power of the prism and grating spectroscope	
<b>2.2</b>	<b>Interference</b>	
2.2.01-00	Interference of light	
2.2.02-00	Newton's rings	
2.2.03-00	Interference at a mica plate according to Pohl	
2.2.04-00	Fresnel's zone construction / zone plate	
2.2.05-00	Michelson interferometer	
2.2.06-00	Coherence and width of spectral lines with Michelson interferometer	
2.2.07-00	Refraction index of air and CO <sub>2</sub> with Michelson interferometer	

## Summary




# 1

## Mechanics

<b>1.1</b>	<b>Measurement Techniques</b>	
1.1.01-00	Measurement of basic constants: length, weight and time	
<b>1.2</b>	<b>Statics</b>	
1.2.01-00	Moments	
1.2.02-00	Modulus of elasticity	
1.2.03-00	Mechanical hysteresis	
<b>1.3</b>	<b>Dynamics</b>	
1.3.01-01	Hooke's law	
1.3.01-11	Hooke's law with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.03-01/05	Newton's second law / Air track or Demonstration track	
1.3.03-11/15	Newton's second law with Cobra3 / Air track or Demonstration track	<b>Cobra3</b>
1.3.05-01/05	Laws of collision / Air track or Demonstration track	
1.3.05-11/15	Laws of collision with Cobra3 / Air track or Demonstration track	<b>Cobra3</b>
1.3.07-01	Free fall	
1.3.07-11	Free fall with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.09-01	Determination of the gravitational constant with a Cavendish balance	<b>Cobra3</b>
1.3.11-00	Projectile motion	
1.3.12-00	Ballistic Pendulum	
1.3.13-01	Moment of inertia and angular acceleration	
1.3.13-11	Moment of inertia and angular acceleration with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.15-00	Moment and angular momentum	
1.3.16-01	Centrifugal force	
1.3.16-11	Centrifugal force with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.18-00	Mechanical conservation of energy / Maxwell's wheel	
1.3.19-00	Laws of gyroscopes / 3-axis gyroscope	
1.3.20-00	Laws of gyroscopes / cardanic gyroscope	
1.3.21-00	Mathematical pendulum	
1.3.22-00	Reversible pendulum	
1.3.23-01	Pendulum oscillations / variable g pendulum	
1.3.23-11	Pendulum oscillations with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.25-01	Coupled Pendula	
1.3.25-11	Coupled Pendula with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.26-11	Harmonic oscillations of spiral springs – Springs linked in parallel and series	<b>Cobra3</b>
1.3.27-01	Forced Oscillations – Pohl's pendulum	
1.3.27-11	Forced Oscillations – Pohl's pendulum; Determination of resonance frequencies by Fourier analysis	<b>Cobra3</b>
1.3.28-01	Moments of inertia / Steiner's theorem	
1.3.28-11	Moments of inertia of different bodies / Steiner's theorem with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.3.30-00	Torsional vibrations and torsion modulus	
1.3.31-00	Moment of inertia and torsional vibrations	
1.3.32-00	The propagation of a periodically excited continuous transverse wave	
1.3.33-00	Phase velocity of rope waves	
1.3.34-00	Wave phenomena in a ripple tank	
1.3.35-00	Interference and diffraction of water waves with the ripple tank	
<b>1.4</b>	<b>Mechanics of Liquids and Gaseous Bodies</b>	
1.4.01-00	Density of liquids	
1.4.02-00	Surface of rotating liquids	
1.4.03-00	Viscosity of Newtonian and non-Newtonian liquids (rotary viscometer)	

1.4.04-00	Viscosity measurements with the falling ball viscometer	
1.4.05-00	Surface tension by the ring method (Du Nouy method)	
1.4.06-11	Surface tension by the pull-out method with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.4.07-00	Barometric height formula	
1.4.08-00	Lift and drag (resistance to flow)	

<b>1.5</b>	<b>Mechanical Vibration, Acoustics</b>	
1.5.01-00	Vibration of strings	
1.5.03-11	Velocity of sound in air with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.5.04-01/11	Acoustic Doppler effect	<b>Cobra3</b>
1.5.05-15	Chladni figures with FG-Module	
1.5.06-01/15	Velocity of sound using Kundt's tube	<b>Cobra3</b>
1.5.07-01/15	Wavelengths and frequencies with a Quincke tube	<b>Cobra3</b>
1.5.08-11	Resonance frequencies of Helmholtz resonators with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.5.09-11	Interference of acoustic waves, stationary waves and diffraction at a slot with Cobra3	<b>Cobra3</b>
1.5.10-00	Optical determination of velocity of sound in liquids	
1.5.11-00	Phase and group velocity of ultrasonics in liquids	
1.5.12-00	Temperature dependence of the Velocity of sound in liquids	
1.5.13-00	Stationary ultrasonic waves, determination of wavelength	
1.5.14-00	Absorption of ultrasonic in air	
1.5.15-15	Ultrasonic diffraction at different single and double slit systems	
1.5.16-15	Ultrasonic diffraction at different multiple slit systems	
1.5.17-15	Diffraction of ultrasonic waves at a pin hole and a circular obstacle	
1.5.18-00	Diffraction of ultrasound at a Fresnel zone plate / Fresnel's zone construction	
1.5.19-15	Interference of two identical ultrasonic transmitters	
1.5.20-00	Interference of ultrasonic waves by a Lloyd mirror	
1.5.21-11	Determination of the velocity of sound (sonar principle)	
1.5.22-00	Ultrasonic Michelson-Interferometer	
1.5.23-00	Ultrasonic diffraction by a straight edge	
1.5.24-15	Ultrasonic Doppler effect	

<b>1.6</b>	<b>Handbooks</b>	
	Physics Experiments – Linear Motion	
	Physics Demonstration Experiments – Magnet Board Mechanics 1	
	Magnet Board Mechanics 2	

# 2

## Optics

<b>2.1</b>	<b>Geometrical Optics</b>	
2.1.01-00	Measuring the velocity of light	
2.1.02-00	Laws of lenses and optical instruments	
2.1.03-00	Dispersion and resolving power of the prism and grating spectroscope	
<b>2.2</b>	<b>Interference</b>	
2.2.01-00	Interference of light	
2.2.02-00	Newton's rings	
2.2.03-00	Interference at a mica plate according to Pohl	
2.2.04-00	Fresnel's zone construction / zone plate	
2.2.05-00	Michelson interferometer	
2.2.06-00	Coherence and width of spectral lines with Michelson interferometer	
2.2.07-00	Refraction index of air and CO <sub>2</sub> with Michelson interferometer	

1.3.03-11/15 Newton's second law with Cobra3 / Air track or Demonstration track



Set-up of experiment P2130315 with demo track

What you can learn about ...

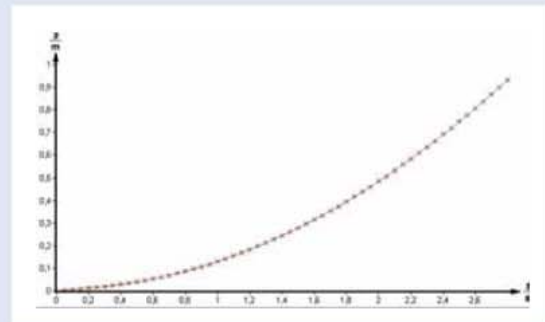
- Linear motion
- Velocity
- Acceleration
- Conservation of energy

Principle:

According to Newton's 2nd law of motion for a mass point, the relationship between mass, acceleration and force are investigated.

What you need:

Experiment P2130311 with air track			
Experiment P2130315 with demo track			
Cobra3 BASIC-UNIT, USB	12150.50	1	1
Power supply 12V/2A	12151.99	1	1
Software Cobra3, Translation/ Rotation	14512.61	1	1
Light barrier, compact	11207.20	1	1
Air track rail	11202.17	1	
Blower 230V/50Hz	13770.97	1	
Pressure tube, $l = 1.5$ m	11205.01	1	
Glider for air track	11202.02	1	
Slotted weights, 1 g, polished	03916.00	20	9
Slotted weights, 10 g, coated black	02205.01	4	4
Slotted weights, 50 g, silver bronzing	02206.02	4	4
Stop, adjustable	11202.19	1	
Starter system, mechanical with release	11202.13	1	
Magnet with plug for starter system	11202.14	1	
Tube with plug	11202.05	1	1
Plasticine, 10 sticks	03935.03	1	1
Hook with plug	11202.07	1	1
Silk thread on spool, $l = 200$ mm	02412.00	1	1
Weight holder, 1 g, silver bronzing	02407.00	1	1
Bench clamp -PASS-	02010.00	1	
Bosshead	02043.00	2	
Support rod, stainless steel 18/8, $l = 250$ mm, $d = 10$ mm	02031.00	1	
Support rod, stainless steel 18/8, $l = 100$ mm	02030.00	1	
Measuring tape, $l = 2$ m	09936.00	1	1
Needle with plug	11202.06	1	1
Demonstration Track, Aluminium, $l = 1.5$ m	11305.00	1	
Cart, low friction sapphire bearings	11306.00	1	
Holder for pulley	11305.11	1	
Weight for low friction cart, 400 g	11306.10	1	
End holder for demonstration track	11305.12	2	
Portable Balance, OHAUS CS2000	48892.00	1	1
Connecting cable, 4 mm plug, 32 A, red, $l = 100$ cm	07363.01	1	1



Path-time law.

Tasks:

The distance-time law, the velocity-time law and the relationship between mass, acceleration and force are determined. The conservation of energy can be investigated.

Connecting cable, 4 mm plug, 32 A, blue, $l = 100$ cm	07363.04	1	1
Connecting cable, 4 mm plug, 32 A, yellow, $l = 100$ cm	07363.02	1	1
Connecting plug, pack of 2	07278.05	1	1
Crocodile clips, black, plastic insulation, pack of 10	07276.15	1	1
PC, Windows® 95 or higher			

**Complete Equipment Set, Manual on CD-ROM included**  
**Newton's second law with Cobra3 /**  
**Air track or Demonstration track** P21303 11/15

## Anexo 7

Cuestionario final utilizado para evaluar el Sistema 4MAT por parte de los estudiantes.

**El siguiente cuestionario tiene por objeto evaluar las actividades realizadas en la experiencia sobre estilos de aprendizaje en la que nos apoyaste participando. Recuerda que toda la información que nos proporcionas es totalmente confidencial, así que te pedimos tu valiosa ayuda contestando de la manera más sincera. El cuestionario está dividido en tres etapas, en la primera buscamos saber los antecedentes de cómo llegaste al proyecto, en la segunda buscamos conocer tu experiencia dentro de las actividades y en la tercera buscamos conocer tu experiencia en el proyecto.**

### A Antecedentes

¿Con quién/quienes cursaste la materia de Física en primer semestre?

¿En qué forma aprobaste el curso?

¿Qué calificación obtuviste?

### B Actividades

De las 4 actividades programadas en ¿cuál te sentiste más identificado?

¿Cómo calificarías tu nivel de comprensión del tema en la discusión grupal?

¿Cómo calificarías tu nivel de comprensión del tema en la clase teórica?

¿Cómo calificarías tu nivel de comprensión del tema en la

práctica?

Si pudieras hacer una comparación de tu curso en primer semestre con lo que se hizo en la experiencia ahora, estas estrategias: ¿Cómo calificarías tu nivel de comprensión del tema en la exposición?